

# Pedro Nunes e a Descoberta da Curva Loxodrómica,

ou como, no século dezasseis, a navegação com o globo não resolveu as dificuldades resultantes do uso de cartas planas (\*)

W. G. L. Randles

École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris

*Este artigo foi primeiramente publicado, em inglês, na "Revista da Universidade de Coimbra", Vol.35, 1989, e é aqui reproduzido em português com a generosa permissão do autor e do director daquela revista, Professor Anibal Pinto de Castro.*

Para superar as dificuldades de navegação com cartas planas em latitudes elevadas,<sup>1</sup> terão os pilotos portugueses da primeira metade do século dezasseis pensado em navegar com a ajuda de globos e terão tentado utilizá-los para navegarem em rotas ao longo de círculos máximos? A opinião generalizada é que não o fizeram. Contudo o matemático Pedro Nunes (1502-1578) relata num pequeno tratado (publicado em 1537, provavelmente escrito em 1534)<sup>2</sup> intitulado *Tratado que ho doutor Pero Nunez fez sobre certas duvidas da navegação*,<sup>3</sup> como o navegador Martim Afonso de Sousa, no seu regresso do Brasil em 1530-32, lhe tinha pedido para resolver dois problemas de navegação surgidos durante a viagem.

Transcreve-se em seguida o primeiro problema, que na realidade é um duplo problema:

«Não há muitos dias [...] que falando com Martim Afonso de Sousa sobre a navegação que fez pelas partes do sul, entre outras coisas me disse com quanta diligência e por quantas maneiras tomara as alturas dos lugares em que se achara, e verificara as rotas por que fazia os seus caminhos, mas que de duas coisas se espantou muito que em sua viagem experimentou: e era. A primeira que estando o sol na linha em todos os lugares em que se achou lhe nas-

cia em leste e se lhe punha no mesmo dia em oeste, isto igualmente sem nenhuma diferença ora se achasse da banda do norte ora da banda do sul. E perguntou-me por que razão se navegamos a leste ou oeste vamos por um paralelo, em uma mesma altura sempre, sem nunca podermos chegar ao equador onde levamos a proa juntamente com o leste da agulha.»<sup>4</sup>

Apesar de o diário de viagem de Martim Afonso de Sousa, escrito pelo seu irmão Pero Lopes de Sousa, ter chegado até nós, ele não refere nada sobre o problema que submeteu a Nunes e o texto acima citado permanece a nossa única fonte.<sup>5</sup>

Se a nossa leitura da última frase do texto é correcta, não podem restar dúvidas de que Martim Afonso de Sousa estava a procurar traçar sobre um globo uma rota ao longo de um círculo máximo no seu regresso do Brasil, uma vez

<sup>1</sup> Traduzido de «*Pedro Nunes and the discovery of the loxodromic curve, or how, in the sixteenth century, navigating with a globe had failed to solve the difficulties encountered with the plane chart*», Revista da Universidade de Coimbra, Vol. XXXV, 1989, pp. 119-130. Tradução de Suzana Metello de Nápoles, revista por João Filipe Queiró, Henrique Leitão e pelo autor. Nas citações das obras de Pedro Nunes em língua portuguesa, optou-se por transcrever as passagens originais, com alguns acertos de termos e de pontuação para tornar o texto mais facilmente compreensível, mantendo entre colchetes os comentários de Randles. Nas citações de textos em latim fez-se a tradução para português da interpretação dos mesmos por Randles.

<sup>2</sup> Cf. W. G. L. Randles, «From the Mediterranean portulan chart to the marine world chart of the Great Discoveries: the crisis in cartography in the sixteenth century» in *Imago Mundi*, Vol. 40 (1988), pp. 111-114.

<sup>3</sup> Segundo A. Fontoura da Costa, *A Marinharia dos Descobrimentos*, Lisboa, 2ª ed., 1939, p. 219.

<sup>4</sup> Em Pedro Nunes, *Obras*, Lisboa, 1940, Vol. I, pp. 159-174.

<sup>5</sup> Pedro Nunes, *op. cit.* p. 159.

<sup>6</sup> Pero Lopes de Sousa, *Diário da Navegação de Pero Lopes de Sousa (1530-32)*, Prefácio do Comandante A. Teixeira da Mota, Leitura do Doutor Jorge Morais Barbosa. Ed. Agência Geral do Ultramar, Lisboa, 1968.

que só sobre um globo uma rota orientada para leste com uma bússola poderia, em teoria, levá-lo ao equador. A nossa interpretação baseia-se em Rodolfo Guimarães que escreveu, «...cést que en partant d'un certain lieu dans une direction rigoureusement perpendiculaire au méridien que [Martim Afonso de Sousa] voyait *sur la sphere* [itálico nosso] qu'il devrait bientôt croiser l'équateur...»<sup>6</sup>

O facto, frequentemente citado, de os navegadores portugueses não usarem globos para traçar as suas rotas, tem origem num decreto do rei D. Manuel datado de 1504 que proibia o seu uso nos navios.<sup>7</sup> As suas razões, não justificadas, devem ter pretendido evitar a divulgação de conhecimentos cartográficos pelas nações rivais, e não devem ter sido preocupações com problemas técnicos resultantes da navegação com globos. Navegadores experimentados poderão ter sido autorizados a levá-los.

A carta marítima, usada pelos marinheiros daquele tempo, era a carta portulano mediterrânica normal baseada em linhas de rumo magnéticas, a que se tinha acrescentado, desde provavelmente o princípio do século dezasseis, um meridiano graduado. O meridiano graduado tinha como finalidade introduzir na carta paralelos celestrialmente de-

terminados (não marcados directamente) e ao mesmo tempo, *de uma forma implícita*, a existência de meridianos (também não marcados), paralelos uns aos outros. A carta tinha então o aspecto implícito de uma carta plana quadrada.<sup>8</sup> Uma vez que nem a concepção da carta quadrada verdadeira, nem os princípios básicos do portulano mediterrânico tiveram em conta a convergência dos meridianos, resultou um grande exagero na distância leste-oeste para latitudes elevadas.<sup>9</sup>

As dificuldades intrínsecas deste problema foram admitidas pelo piloto João de Lisboa no seu *Livro de Marinharia*, uma colecção de textos usualmente datada de cerca de 1550. Uma vez que o texto citado aparece traduzido por Martin Fernandez de Enciso no seu *Suma de Geographia*, Sevilha, 1519,<sup>10</sup> poderá ser datado dessa época. João de Lisboa escreve: «... asy se poderia e deviam de fazer as cartas em fegura de quadrante [termo que parece designar um «quarto» de uma esfera desenhada numa superfície plana mostrando a convergência dos meridianos] pera que conformassem com o corpo esperico [da terra] que he redondo / porrem como as cousas [= gomos] de todo o esperico vão juntas fazemse em plano por lomgetude por que os que maream nam sam estrolliqos [astrónomos] e se algum o he por açidente e por que em plano compreendem melhor pratica com aquillo que seus entendimentos allcanção da teoriga segundo abelidade de cada hum por isso eu vemdo que devia por obra a oticidade comum e nam a particular acordey de a fazer em plano pera que o comum a entendese melhor...»<sup>11</sup>

Tendo em conta o referido acima, é possível que, para contornar o problema dos meridianos convergentes, os navegadores tenham tentado traçar as suas rotas usando globos. O resultado, como Martim Afonso de Sousa descobriu, não foi satisfatório, uma vez que não se pode usar uma bússola para traçar sobre um globo uma rota ao longo de um círculo máximo sem recorrer a correcções constantes em intervalos regulares. De facto, a bússola não tem em conta a convergência dos meridianos. Um rumo constante mantido com a bússola produz na carta marítima um caminho em linha recta que corta sempre os meridianos segun-

<sup>6</sup> Rodolfo Guimarães, *Sur la vie et l'oeuvre de Pedro Nunes*, Coimbra, 1915, p. 26 (original em francês).

<sup>7</sup> J. Ramos Coelho (ed.), *Alguns Documentos da Torre do Tombo*, Lisboa, 1892, pp. 138-139 («...defendemos que não façam nenhuns mestres das cartas de marear, nem outros alguns oficiais, nenhuma pomas grandes nem pequenas, de pouco, nem muito, porque não queremos que se façam em maneira alguma...»).

<sup>8</sup> Este é o termo utilizado por Pedro Nunes, «Tratado... em defensam da carta de marear», in *Obras*, Vol. I, Lisboa, 1940, pp. 176-77. Cf. as observações muito pertinentes de Luís de Albuquerque que dizem que as cartas de marear portuguesas do século dezasseis não eram verdadeiramente cartas planas quadradas. Luís de Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimientos Portugueses*, Biblioteca Breve, Lisboa, 1983, pp. 15-19, e Idem. «Considerações sobre a carta portulano» em *Revista da Universidade de Coimbra*, Vol. 31 (1984), pp. 19-22.

<sup>9</sup> Cf. A análise deste problema em W. G. L. Randles, *art. cit.* pp. 112-113.

<sup>10</sup> Martin Fernandez de Enciso, *Suma de Geographia*, Sevilha, 1519, sign. b.ix(v.)—b.x.(r.).

<sup>11</sup> João de Lisboa, *Livro de Marinharia*, ed. J. Brito Rebelo, Lisboa, 1903, pp. 197-98. Marcel Destombes chamou a atenção para uma carta no museu Top Kapu Sarayi em Istambul, que atribuiu a Pedro Reinel e que data de entre 1522 e 1524, e que foi provavelmente apresentado na Conferência de Badajoz em 1524. A carta representa o hemisfério sul com os meridianos convergentes, tal como João de Lisboa afirmou que deveria ser idealmente o caso. Contudo, a carta foi provavelmente preparada para objectivos diplomáticos mais do que para ser usada na navegação. Cf. Marcel Destombes, «L'Hémisphère austral en 1524; une carte de Pedro Reinel à Istanbul» em Marcel Destombes, *Selected Contributions to the History of Cartography and Scientific Instruments*, eds. Gunter Schilder, Pieter van der Krogt & Steven de Clerq, Utrecht/Paris, 1987, pp. 175-184 (com uma ilustração da carta).

do ângulos iguais pelo que os meridianos ficam paralelos uns aos outros.<sup>12</sup>

Pedro Nunes continua, no seu *Tratado... sobre certas duvidas*, a explicar porque é que, quando se inicia uma rota de círculo máximo e com rumo a leste, nunca se chega ao equador.<sup>13</sup> «Mas posto que o círculo grande sobredito nos encaminhe ao oriente equinocial [= o ponto em que o equador intersecta uma rota ao longo de um círculo máximo determinada a leste *no momento de partida*] e se represente pelo leste da agulha e quem pelo tal círculo for vá ter ao dito oriente equinocial, não havemos porém de cuidar que quem por ele for irá a leste [para atravessar o equador] porque tanto que por ele andar, achará que o leste da agulha não vai na proa do seu navio. E andando espaço de caminho em que esta diferença se possa sentir, achará que vai já por outro rumo. E portanto o que governa, sem entender o porque o faz, emenda logo de princípio a sua navegação, se quer ir numa mesma altura. E é isto por tal maneira que se governássemos a leste [em rota determinada no ponto de partida] e atássemos o governo de sorte que nenhuma mudança fizesse, e o mar fosse tão tranquilo que nenhuma coisa embargasse a nossa navegação, e por cima de tudo isto o vento nos favorecesse como quiséssemos, e corresse para aquela parte onde vai endeçado o leste da agulha, todavia se assim andássemos notável espaço de caminho e olhássemos a agulha acharíamos que íamos fora de leste [numa rota ao longo de um círculo máximo para atravessar o equador].»<sup>14</sup>

A citação anterior explica-nos que a relação entre o rumo de leste com a bússola e a rota segundo o círculo máximo tal como é dada no momento da partida, não se mantém constante à medida que a viagem prossegue. Se o barco fosse direccionado desde o ponto de partida para atravessar o equador sobre um círculo máximo, um rumo da bússola apontado para leste mostraria, à medida que a viagem prosseguia, uma direcção diferente da do barco e procuraria colocá-lo numa rota paralela ao equador, tornando-se cada vez mais próxima dele mas sem nunca o atravessar.

Para um barco que parte a norte do equador e se afasta dele, um rumo constante fixado por uma bússola, se

respeitado pelo homem do leme, levaria o barco num caminho em espiral cada vez mais próximo do pólo norte, apesar de nunca o atingir.<sup>15</sup> Trata-se da curva loxodrómica, o rasto de um navio num rumo magnético constante cortando todos os meridianos segundo o mesmo ângulo.<sup>16</sup> A palavra nunca é usada por Nunes, embora apresente diagramas dessa curva nos seus textos de 1537.<sup>17</sup>

No seu *Tratado... em defensam da carta de marear* (1537), Nunes sugere vagamente que tinha vislumbrado a ideia da curva loxodrómica na *Geografia* de Ptolomeu.<sup>18</sup> «E é que vendo Ptolomeu [escreve Nunes] que o caminho que se faz por uma rota não é por círculo maior que é o direito e contínuo».<sup>19</sup> Nada indica que Ptolomeu alguma vez tivesse afluído o conceito de curva loxodrómica e não há qualquer facto que fundamente tal ideia. A curva loxodrómica nasceu da experiência prática de navegadores e não foi de forma alguma um postulado teórico. Nunes pode ter procurado ligar a sua descoberta a Ptolomeu para lhe dar maior crédito.

Nos seus textos em português, Nunes refere-se à curva loxodrómica usando apenas as expressões *fazendo grandes rodeos* ou *hua certa maneira de linhas curvas*<sup>20</sup> ou *hua linha curva e irregular*.<sup>21</sup> A palavra «loxodromia» é uma tradução latina, de inspiração grega, da palavra holandesa *kromstrijik* (linha curva) usada por Simon Stevin no seu trabalho *Wisconstige Ghedachtenisse* (1608) para descrever a desco-

<sup>12</sup> Aqui não foi tido em conta o fenómeno da declinação magnética, que é um problema separado, reconhecido, mas não compreendido com clareza no século XVI.

<sup>13</sup> Nunes está a imaginar um navio que regressa a Portugal partindo da costa leste do Brasil num rumo nordeste para atravessar o equador.

<sup>14</sup> Pedro Nunes, op. cit. ed. Cit. Vol. I, p. 161.

<sup>15</sup> No seu texto em português, Nunes pensava que os pólos seriam atingidos, mas no seu texto de 1566 em latim, escreveu que o barco se aproximava cada vez mais, mas nunca tocava nele. Pedro Nunes, «Tratado ... defensam da carta de marear», em *Obras*, Vol. I, p. 184, e Pedro Nunes, *Opera*, Basileia, 1566, cap. 24, p. 173.

<sup>16</sup> Cf. a definição matemática dada por Raymond d'Hollander. «Méthodes de la cartographie des grandes découvertes. Histoire de la loxodromie» em *Cartographie du monde au Moyen Âge et à la Renaissance*, C.T.H.S. Paris, 1989.

<sup>17</sup> Pedro Nunes, «Tratado...sobre certas duvidas...» em *Obras*, Vol. I, p. 168 e idem «Tratado ...em defensam...» em *Obras*, Vol. I, p. 183.

<sup>18</sup> Cf. a observação de Joaquim de Carvalho na introdução a Pedro Nunes, *Defensão do Tratado da Rumação do Globo para a Arte de Navegar*, [s.d.], Coimbra, 1952, p. xx.

<sup>19</sup> Pedro Nunes, «Tratado... em defensam da carta de marear» em *Obras* Vol. I, p. 183.

<sup>20</sup> Pedro Nunes, *Obras* Vol. I, pp. 167-68.

<sup>21</sup> Idem, *Obras* Vol. I, p. 183.

berta de Nunes. «Loxodromia» em grego aparece pela primeira vez na tradução latina feita por Willibrord Snel van Royen do trabalho em holandês de Stevin, intitulado *Hypomnemata mathematica*, Lyon, 1605-1608.<sup>22</sup>

Simon Stevin desenvolveu a sua análise da curva loxodrómica, não a partir da leitura do texto de Nunes em português, mas numa versão em latim mais desenvolvida e mais clara incluída no seu *Opera* publicado em Basileia em 1566<sup>23</sup> (mais tarde reeditada em Coimbra em 1573).

No Livro II, Capítulo 21 do seu trabalho, Nunes explica como a curva loxodrómica é experimentada num navio. «No princípio do livro anterior<sup>24</sup> mostrámos que a linha [rasto] que um barco faz na sua rota (excepto quando a rota é ao longo de um meridiano ou do equador) não é circular, mas é composta de pequenos segmentos de círculos máximos. Mas salientámos, com boas razões, que essa particular linha curva [rasto] é de uma forma diferente [de um círculo máximo] e é semelhante a uma espiral e que é feita de dois movimentos. Que o movimento para diante (*latio*) de um barco quando segue uma rota (diferente da correspondente a um meridiano [i.e.N/S] ou ao equador [i.e.E/W]) seja derivado de dois movimentos para diante (*lacionibus*) e de dois impulsos (*motoribus*), pode ser facilmente compreendido. Um movimento para diante é aquele pelo qual um barco com o eixo no plano de um círculo máximo direccionado para um ponto do horizonte, é levado para a frente quer pelo vento quer pela força dos seus remos. O outro movimento para diante verifica-se para o lado (*in latus*) ou obliquamente, quando o homem do

leme com a mão na cana do leme e guiado pela agulha da bússola, afasta o barco lateralmente da direcção em que estava direccionado quando iniciou a rota. Isto acontece porque, quando o barco avança, atravessa novos meridianos e é direccionado sucessivamente para novos pontos no horizonte, e assim o barco mantém-se direccionado para sucessivos pontos no horizonte que têm uma relação constante uns com os outros. Assim, tendo em conta esta situação, a linha percorrida pelo navio, a que chamaremos rumo, não será nem um círculo [máximo], nem feito de partes [arcos] de círculos [máximos]. Contudo, para nós parece de modo diferente. Porque observamos que o barco é levado ligeiramente para a frente, antes de ser virado para o lado,<sup>25</sup> e assim consideramos a linha composta de pequenos segmentos de círculos máximos. Porque é que então o barco é constantemente virado para o lado, quando apesar de ser levado pelo vento uma pequena distância sobre uma rota ao longo de um círculo máximo, o homem do leme mal nota que o navio está virado para uma direcção diferente?»<sup>26</sup>

Em vez de permitir que a curva loxodrómica distorça a rota de navegação ele deve, diz Nunes, seguir o rumo de um círculo máximo e efectuar as necessárias correcções a intervalos regulares. É esta a sua explicação do que deve ser feito em *Tratado ... sobre certas duvidas*. «E este é outro proveito de ir por círculo máximo que é andar menos caminho, mas quem por ele for saiba que lhe convém mudar a rota cada hora segundo a mudança que fazem nos ângulos da posição dos lugares os novos meridianos com o círculo por que vamos [com isto, pretende significar a alteração do ângulo de intersecção do meridiano com a rota ao longo do círculo máximo no ponto em que o barco está quando a alteração é medida, comparando com o ângulo de intersecção no ponto onde o barco se encontrava anteriormente quando o ângulo tinha sido medido]. E a invenção e subtilidade disto que já é grande, consiste em saber quanta quantidade crescem ou minguem estes ângulos no processo do caminho sobre a quantidade do ângulo ou rota com que partimos. E quem desta maneira andar irá caminho direito».<sup>27</sup>

No seu outro tratado em português *Tratado ... em*

<sup>22</sup> Cf. Livro IV (1608), pp. 85-87. Cf. também Hermann Wagner, «Gerhard Mercator und die ersten Loxodromen auf Karten» em *Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie*, Bd. 43, Heft VII-IX, Berlin, 1915, p. 302.

<sup>23</sup> Pedro Nunes, «De regulis & instrumentis ad varia rerum tam maritimarum quam coelestium apparentias deprehendas, ex Mathematicis disciplinis, Liber II», em *Opera*, Basileia, 1566.

<sup>24</sup> Trata-se de uma referência ao Livro I do texto em latim, que é uma tradução dos seus trabalhos anteriores em português, «Certas duvidas da navegação» e «Tratado... em defensão da carta de marear», ambos publicados em Lisboa em 1537.

<sup>25</sup> O Professor Pierre Costabel realçou-nos a importância da natureza sequencial dos dois movimentos.

<sup>26</sup> Pedro Nunes, «De ijs quae praemitti debent ad ducendum eas lineas in globo quae nautae rumbos appellant» no Capítulo 21 do Livro II de Nunes, *Opera*, Basileia, 1566, p. 158.

<sup>27</sup> Pedro Nunes, «Tratado sobre certas dúvidas da navegação» em *Obras*, Vol. I, p. 167.

*defensam da carta de marear* (1537), Nunes propôs um método matemático para introduzir as correcções necessárias para manter a rota de um barco sobre um círculo máximo. Imaginando um barco que parte do equador na direcção NE, Nunes considera um triângulo esférico em que um lado é o arco de meridiano que une o ponto de partida do barco com o pólo, outro lado é a rota ao longo de um círculo máximo que o navio tenciona seguir, e o terceiro lado é o arco de meridiano que une o pólo com o ponto alcançado pelo barco depois de ter subido um grau de latitude na sua rota sobre o círculo máximo. Depois de prolongar o lado do triângulo que está sobre o círculo máximo para formar um ângulo externo com o segundo meridiano, Nunes recorre ao teorema de Geber que diz que os senos dos ângulos de um triângulo esférico são inversamente proporcionais aos senos dos arcos opostos,<sup>28</sup> e supondo que o seno de um ângulo obtuso interno do triângulo é o mesmo que o do ângulo externo suplementar, compara o ângulo externo com o ângulo do rumo no ponto de partida no interior do triângulo. A diferença entre os dois dá a correcção necessária para manter o barco na sua rota ao longo de um círculo máximo.

Não existe uma referência directa ao teorema de Geber no texto em português, mas o nome de Geber aparece na versão latina publicada em 1566, onde a explicação é mais clara.<sup>29</sup>

O método de Nunes de introduzir correcções para contrariar o efeito da curva loxodrómica, com vista a manter o navio numa rota ao longo de um círculo máximo, nunca foi adoptado pelos marinheiros portugueses. A margem de erro na mudança de latitude de um grau, tal como ele sugeriu para a introdução de sucessivas mudanças de rota, tornaria toda a operação impraticável, dada a falta de precisão dos instrumentos disponíveis na época.

Nunes era um «savant de cabinet» e não um navegador. Os seus tratados em português, o seu método de correcção para a navegação ao longo de círculos máximos e a sua matemática foram violentamente atacados por Diogo de Sá, que não era mais navegador que Nunes, no seu trabalho *De Navigazione*, publicado em Paris em 1549.<sup>30</sup> Em-

bora se diga que Diogo de Sá viajou para a Índia, não parece que essa experiência tenha alterado o seu espírito aristotélico conservador, ou atenuado a sua aversão pela matemática. Contudo, algumas das suas observações sobre a praticabilidade do método de correcção de Nunes para a navegação ao longo de círculos máximos são dignas de citação. Antes de o fazer, deve realçar-se que Diogo de Sá tinha lido apenas os tratados de Nunes em português e nunca tinha visto a versão em latim.

Eis o que Diogo de Sá escreve sobre o método proposto por Nunes para a navegação ao longo de círculos máximos. O texto está na forma de um diálogo entre um matemático e um filósofo. O filósofo exprime o ponto de vista de Diogo de Sá, o matemático o de Nunes. «A utilidade que você [= o matemático, Nunes] diz que tem um círculo máximo, é para quem desejar viajar no mar sem se voltar para um lado ou para o outro. E eu digo que não só isto é impossível, como também a vaidade fútil de quem o fizesse seria digna de troça. Quem, pergunto-lhe, é que me vai mostrar esses ângulos para que eu possa navegar consoante eles são iguais ou diferentes? Se me diz que a agulha da bússola, dentro do barco, não pode fazer mais do que indicar o leste, ou qualquer outro rumo para eu seguir, e, o que é mais, se me disser que o barco me vai indicar esses ângulos, está redondamente enganado, porque o barco não o pode fazer, e pode apenas, levado pelo vento, seguir um rumo dado pela agulha de uma bússola em qualquer das suas direcções. Então quem é que me vai indicar esses ângulos? Peço ao mar para mos mostrar? O mar dir-me-á que o mar está em toda a parte, e em toda a parte é igual, e não me pode mostrar nenhum deles. Consequentemente, só sobre a carta os posso procurar. Vamos então à carta [i.e. a carta plana quadra-

<sup>28</sup> Geber (Jabir ibn Aflah) (primeira metade do século XII), *De Astronomia libri IX*, tradução do latim por Gerard de Cremona, segunda metade do século XII. Inicialmente publicado por Peter Apian, Nuremberg, 1534. Cf. Livro I, Prop. XIII (p.11) («Declaro que em qualquer triângulo formado por arcos de círculos máximos, a proporção do seno de cada lado para o seno do arco do ângulo que esse lado subtende é constante».)

<sup>29</sup> Pedro Nunes, «Tabulam quandam numerorum edere, cuius adminiculum in dato globo rumbos quoslibet describamus», em *Opera*, Basileia, 1566, Livro II, Capítulo 23.

<sup>30</sup> Sobre Pedro Nunes e Diogo de Sá, ver o estudo muito completo de Luís de Albuquerque, «Pedro Nunes e Diogo de Sá», em *As Navegações e sua projecção na Ciência e na Cultura*, Publicações Gradiva, Lisboa, 1987, pp. 57-59.

da] e veremos que todas os rumos leste/oeste são em toda a parte perpendiculares aos rumos norte/sul e ao longo de todo o caminho percorrido, e o mesmo acontece para todos os rumos e contra-rumos [...] Uma vez que isto é assim, como, ou por quem, pode você provar que qualquer um que se desloque de leste para oeste possa saber que deve alterar a sua rota de hora a hora tendo em conta a variação [do ângulo] dos meridianos relativamente ao círculo máximo ao longo do qual navegamos? Num tal estado de coisas, navegar desta maneira não pode levar a mais do que andar a fazer ângulos no mar».<sup>31</sup>

Se Diogo de Sá fosse um prático da navegação, as suas críticas, feitas do ponto de vista de um piloto, teriam parecido mais pertinentes e teriam tido mais peso do que as teimas sarcásticas do seu espírito escolástico.<sup>32</sup>

Outro tratado de Pedro Nunes sobre problemas de navegação, escrito em português, foi descoberto em 1949 na Biblioteca Nacional de Florença. É um manuscrito sem título e sem data e foi publicado em 1952 por Joaquim de Carvalho, que lhe deu o título *Defensão do Tratado da Rumação do Globo para a Arte de Navegar*.<sup>33</sup> A obra parece ter sido incorporada nos tratados latinos de Nunes publicados em 1566. Sem mencionar o nome de Diogo de Sá, Nunes refere, no fim do manuscrito, como tinha sofrido com as críticas dirigidas aos seus trabalhos. «Dizem mal de

meus tratados aproveitando-se deles e usando muitas vezes de minhas próprias palavras, e querendo falar em tudo danam tudo. Tenho determinado por esta razão, acabando de alimpar algumas obras que escrevi, passar meus estudos à filosofia, e a largar-lhes as matemáticas, no estudo das quais perdi a saúde irremediavelmente».<sup>34</sup>

Que o trabalho de Nunes era conhecido fora de Portugal é comprovado por uma tradução manuscrita inédita dos seus dois tratados em português que se encontra na Biblioteca Nacional de Paris.<sup>35</sup> A tradução, ao ser examinada, revela ser tão literal que fica claro que o tradutor não percebia o que estava a traduzir.

O flamengo Michel Coignet, na sua *Instruction Nouvelle...* (edição em latim de 1578)<sup>36</sup> mostra que leu os textos latinos de Nunes e que se tinha inteirado do conceito de curva loxodrómica, a que chama *voies tortues* ou *lignes spirales*. Coignet admitiu a dificuldade em aplicar as indicações de Nunes para a navegação ao longo de círculos máximos, sobre o que escreveu: «...todas as suas imaginações [de Nunes] são apenas, na maioria, coisas pouco praticáveis e, por isso, de pouca eficácia para os pilotos».<sup>37</sup>

O inglês Robert Hues, no seu *Tractatus de Globis et eorum usu*, Londres, 1594,<sup>38</sup> cita Nunes e expõe de forma clara o seu conceito de curva loxodrómica, criticando-o num pequeno ponto: «E assim não posso estar de acordo com Pedro Nonius, para quem os rumos seriam compostos de porções de círculos máximos. Porque se virmos que a porção de um círculo máximo, sendo intersectada por meridianos diferentes, por muito próximos que estejam um dos outro, faz ângulos diferentes com eles, um rumo não pode ser composto por elas, pela proposição anterior.<sup>39</sup> Mas esta desigualdade de ângulos não é perceptível pelos sentidos (disse ele), a não ser que seja em meridianos bastante afastados uns dos outros. Seja assim. Não obstante, o erro desta posição pode ser descoberto com arte e demonstração. Nem fica bem a tão grande matemático examinar as regras da arte através do julgamento dos sentidos».<sup>40</sup>

Hues tinha evidentemente razão nesta crítica expressa do ponto de vista de um matemático puro. Mas a solução de Nunes era uma aproximação, e a diferença sugerida de um

<sup>31</sup> Diogo de Sá, *De Navigatione*, Paris, 1549, f. 80 (r.-v.). O Professor Luis de Albuquerque tem em preparação para publicação uma tradução em português do livro de Diogo de Sá e exprimo os meus agradecimentos pela amabilidade que teve em me disponibilizar uma fotocópia. Contudo, a tradução anterior é feita do latim e da minha inteira responsabilidade.

<sup>32</sup> Um dos argumentos escolásticos (mas não evocado por Diogo de Sá) contra a existência da curva loxodrómica era que a força da gravidade (gravidade aristotélica) actuando a partir do centro da terra, puxaria o barco de forma a mantê-lo numa rota ao longo de um círculo máximo (!).

<sup>33</sup> Pedro Nunes, [*Defensão do Tratado da Rumação do Globo para a Arte de Navegar*], Subsídios para a História da Filosofia e da Ciência em Portugal, IV, publicados por Joaquim de Carvalho, Coimbra, 1952.

<sup>34</sup> Pedro Nunes, *op. cit.* p. 31.

<sup>35</sup> Pedro Nunes, *Traité de Navigation*, s. d., Ms Fr, 1338 (Fonds Colbert), Bibliothèque Nationale, Paris.

<sup>36</sup> Michel Coignet, *Instruction Nouvelle des poincts plus excellents et nécessaires touchant l'art de naviguer*, Antuérpia, 1581, Chap. III, «Des cartes marines et de ce qu'en dépend», pp. 16-26.

<sup>37</sup> Idem, p. 26.

<sup>38</sup> Cf. a edição inglesa, *A Learned Treatise of Globes, both celestial and terrestrial*, Londres, 1638, re-editado por Clements R. Markham, Hakluyt Society, 1st Series, Vol. 79, Londres, 1889. A edição francesa é de Paris, 1618.

<sup>39</sup> A «proposição anterior» afirmava que: «Um círculo máximo que passe por um lugar que não esteja no equador não pode cortar meridianos diferentes segundo ângulos iguais».

<sup>40</sup> Robert Hues, *A Learned Treatise of Globes...*, edição da Hakluyt Society, p. 130.

grau, embora demasiado grande de um ponto de vista matemático, era negligenciável para a prática da navegação na época. A censura de Hues de que Nunes se tinha baseado em «o julgamento dos sentidos» é bastante injusta.

Outro inglês, Edward Wright, no seu *Certaine Errors of Navigation*, publicado em 1599, foi muito influenciado pelo *Tratado em defensam da carta de marear* de Nunes, copiando deste tratado a maior parte do seu primeiro capítulo.<sup>41</sup> A parte que copiou dizia respeito ao exagero na carta da distância real entre Lisboa e os Açores. Seguindo a opinião de Nunes, Wright explica a vantagem de navegar ao longo de círculos máximos. Como Nunes, Wright defende a «carta marítima com meridianos equidistantes e rumos rectilíneos». «E embora o globo», declarou, «seja elogiado por alguns como o mais absoluto e perfeito para todos os percursos e climas, pela sua instabilidade, dificuldade de transporte e de arrumação, e uso quase sempre fastidioso na navegação [...] será na maior parte das vezes inconveniente, e não tão adaptado e pronto para o uso comum pelos marinheiros no mar como o planisfério náutico correctamente feito».<sup>42</sup>

O «planisfério náutico correctamente feito» de Wright baseia-se na projecção de Mercator com latitudes crescentes e Wright é o primeiro a elaborar uma tabela para calcular a projecção de Mercator.<sup>43</sup>

Por último chegamos à influência de Nunes sobre Mercator, assunto que acendeu uma polémica que teve lugar entre Joaquim Bensaúde e Herman Wagner.<sup>44</sup>

Wagner, na sua resposta a Bensaúde, reconheceu a prioridade de Nunes sobre Mercator no que respeita à descoberta da curva loxodrómica e da influência do primeiro sobre o segundo. Contudo, Wagner insistiu em que Mercator tinha construído o seu globo (1541) com loxodromias traçadas (embora não chegando ao pólo) antes de Nunes ter publicado no seu texto em latim o processo para fazer isto. Wagner admitiu que Nunes, no seu trabalho em português de 1537, foi o primeiro a desenhar, num mapa em projecção polar, dois arcos loxodrómicos do equador ao pólo. Mas estes desenhos têm erros apreciáveis e assim, segundo Wagner, Mercator foi o primeiro a desenhar correctamente loxodromias no seu

globo de 1541. Uma vez que Mercator não dá qualquer explicação sobre como fez isto, pode dizer-se que Pedro Nunes foi o primeiro a descrever, no seu texto latino de 1566, um método para desenhar loxodromias sobre um globo usando a sua própria definição matemática.<sup>45</sup>

A fama de Mercator reside, como é bem sabido, no seu mapa de 1569, onde eliminou os problemas da curva loxodrómica para os marinheiros, espaçando os paralelos em intervalos crescentes do equador até aos pólos, mediante o uso do método das «latitudes crescentes». O seu mapa baseia-se numa projecção congruente, isto é, os ângulos são constantes, de forma que a projecção faz com que as loxodromias apareçam como linhas rectas. O mapa torna-se assim um instrumento sem igual para a navegação, uma vez que habilita os marinheiros a resolverem gráfica e simplesmente todos os problemas relacionados com a navegação loxodrómica.

Mercator não deu qualquer explicação sobre os seus métodos, fossem eles gráficos ou matemáticos, e esse trabalho ficou para os seus sucessores. As cartas desenhadas de acordo com a sua projecção raramente foram usadas pelos marinheiros até bem dentro do século XVII.

A ideia das latitudes crescentes parece contudo ter sido imaginada muito antes, por Erhardt Etzlaub, que desenhou um mapa da Europa e da África até ao equador com latitudes crescentes, nos tampos de dois relógios de sol feitos em Nuremberga já em 1511 e 1513.<sup>46</sup>

<sup>41</sup> Edward Wright, *Certaine errors of Navigation*, Londres, 1599, reimpresso em Amsterdão, 1974, prefácio.

<sup>42</sup> E. Wright, *op. cit.* cap. I.

<sup>43</sup> Idem. Cap. II.

<sup>44</sup> Hermann Wagner, «Gerhard Mercator und die ersten Loxodromes auf Karten», em *Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie* Vol. 43 (1915), pp. 299-311, 343-352; Joaquim Bensaúde, *Histoire de la Science Nautique Portugaise*, Genebra, 1911, pp. 78-85; Hermann Wagner, «Die loxodromische Kurve bei G. Mercator. Eine Abwehr gegenüber Senhor Joaquim Bensaúde», em *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen*, Phil.-Hist. Cl. Berlin, 1917, pp. 254-267 e Joaquim Bensaúde, *Les Légendes Allemandes sur l'histoire des Découvertes Maritimes Portugaises*, Parte I, Genebra, 1917-1920; Parte II, Coimbra, 1925-27.

<sup>45</sup> Pedro Nunes, *Opera*, Basileia, 1566, Livro II, Cap. 26. «Propositium globum rumbis delineare».

<sup>46</sup> O mapa do Germanisches National Museum, Nuremberg, é reproduzido em Wolfgang Köberer, *Das Rechte Fundament der Seefahrt*, Hoffmann und Camp, Hamburg, 1982, Estampa 28. Cf. também Joseph Drecker, «Ein Instrument, eine Karte und eine Schrift des Nürnberger Kartographen und Kompostmachers Erhard Etzlaub», em *Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie*, Vol. 45 (1917), pp. 217-24 e Ernst Hammer, «Die Mercator projektion und Erhard Etzlaub» em *Petermann's Mittheilungen*, Vol. 63 (1917), pp. 303-4.

As contribuições teóricas de Nunes para a navegação foram muito avançadas para o seu tempo. A dificuldade em as aplicar deve-se principalmente à precisão insuficiente dos instrumentos disponíveis e ao facto de a matemática da época ser demasiado pesada e laboriosa para ser usada no mar.

A tragédia de Nunes foi ter nascido num país que poderia ter beneficiado muito dos seus notáveis talentos caso tivesse sido possível aproveitá-los para o uso a bordo dos barcos.<sup>47</sup>

<sup>47</sup> Um estudo completo dos princípios matemáticos do tratamento feito por Nunes da curva loxodrómica da autoria do Professor Raymond d'Hollander aparecerá em breve em Portugal. (N.R.: Trata-se do artigo "Historique de la loxodromie", *Mare Liberum* nº 1 (1990), pp. 29-69.)

*Expresso aqui os meus agradecimentos ao Professor Léon Bourdon da Sorbonne e ao Professor Pierre Costabel da École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, pela sua inestimável paciência em ajudarem-me a compreender a forma frequentemente obscura com que Nunes se expressava tanto em latim como em português. Os meus agradecimentos muito especiais para o Professor Raymond d'Hollander que leu o manuscrito e me apontou várias erros devidos à minha ignorância matemática. Em todo o caso assumo inteira responsabilidade pelo texto tal como está.*

## Cartoon

