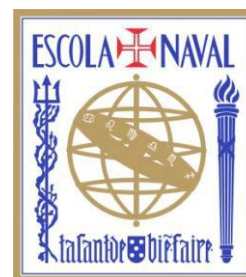


U

LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

FACULDADE DE LETRAS ESCOLA NAVAL



A CARTA-PORTULANO

Luís Miguel Cardoso Pércio Bessa Pacheco

Trabalho especialmente elaborado para a obtenção do grau de mestre em História Marítima.

Mestrado em História Marítima

Dissertação

2017



A CARTA-PORTULANO

Luís Miguel Cardoso Pércio Bessa Pacheco

Trabalho orientado pelo Prof. Doutor Francisco Contente Domingues, especialmente elaborado para a obtenção do grau de mestre em História Marítima.

Mestrado em História Marítima

Dissertação

2017

À minha mulher Ana e aos
meus filhos Bernardo e Rita

Resumo

O processo de construção das cartas-portulano, especialmente desenvolvidas para auxílio da navegação marítima do século XIII ao XVII, tem sido alvo de investigação por diversos autores, particularmente desde o início do século XX. Portugal foi pioneiro na produção de cartas-portulano de alturas e de uma sua variante designada hoje em dia por carta plana quadrada.

O desenvolvimento tecnológico verificado a partir dos anos 70 do século XX deu origem ao surgimento de sistemas de informação geográfica. Estes sistemas têm permitido explorar de forma inovadora e eficiente a cartografia antiga. Na presente dissertação, para além do recurso às descrições de fontes coevas sobre a produção e o enquadramento do desenvolvimento cartográfico, foram utilizados sistemas de informação geográfica para análise de diversas características das cartas-portulano.

Da análise realizada conclui-se sobre os eventuais efeitos da declinação magnética na produção das cartas-portulano rumadas, tendo-se identificado o período de 1200 a 1250 como o mais provável para a aquisição dos dados referentes à linha de costa do Mediterrâneo. Conclui-se ainda sobre a representação da grelha geográfica implícita nas cartas-portulano de alturas tendo em conta o processo de construção e representação da linha de costa das áreas cartografadas. No que se refere às cartas planas quadradas apresenta-se uma explicação sustentada em fontes coevas sobre o surgimento da graduação do equador, que poderá contribuir significativamente para a discussão sobre a sua construção e funcionalidade.

Palavras chave: carta-portulano, carta plana quadrada, carta rumada, carta de alturas, cartografia náutica.

Abstract

The construction process of the XIII to XVII centuries maritime portolan charts is not completely known and is under international research, especially since the beginning of the XX century. Portugal was pioneer in the development of latitude portolan charts and one of its variants designated plane square chart.

The technical developments of the XX century paved the way to the development of geographic information systems. These systems allow for some new and efficient ways of analysing ancient cartography species. In this thesis, beyond the use of portolan charts contemporary sources descriptions on the generic scope and their construction, several geographic information systems were used for the analysis of these charts characteristics.

From the analysis, it was possible to conclude on the effects of the magnetic declination over the rhumb lines portolan charts, considering very plausible that the coastline data of the Mediterranean portolan charts was surveyed between 1200 and 1250. It was also possible to conclude on the geographic implicit grid over latitude portolan charts. On the plane square chart, it is presented an explanation for the graduation of the equator, which may decisively contribute to the ongoing discussion on these charts construction method and functionality.

Keywords: portolan chart, rhumb line portolan chart, latitude portolan chart, plane square chart, nautical cartography.

Índice

Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Índice de figuras	xi
Introdução	1
Capítulo 1 - Enquadramento histórico.....	3
Sistemas de referência	4
Capítulo 2 - A carta de marear.....	9
A carta rumada	15
Análise técnica à carta rumada	20
Carteação.....	28
Principais desafios	29
A carta de alturas.....	30
Surgimento da carta de alturas	30
Evolução técnica ou científica associada	32
Principal área coberta	33
Análise técnica à carta de altura	34
Carteação.....	40
Principais desafios	45
Carta plana quadrada - uma variante da carta de altura.....	48
A carta reduzida.....	57
Capítulo 3 - Análise técnica à linha de costa das cartas rumadas	61
Capítulo 4 - A grelha geográfica implícita das cartas de alturas	75

Grelha implícita com base na linha de costa.....	79
O meridiano graduado inclinado	84
Conclusões.....	91
Fontes e Bibliografia	95

Índice de figuras

figura 1 - Segmento III e IV da tábua Peutingeriana	6
figura 2 - Esquema de Pedro Nunes e representação em perspectiva de linhas loxodrómicas.....	11
figura 3 - Exemplo da diferença entre a navegação ortodrómica (azul) e loxodrómica (vermelho)	12
figura 4 - Carta rumada Portuguesa datada de 1471 (anónima) cobrindo a costa Africana até ao Golfo da Guiné	17
figura 5 - Carta Pisana (Séc. XIII).....	18
figura 6 - Carta rumada do Mediterrâneo do século XVII	18
figura 7 - Diferença entre os estilos Catalão (em cima) e Genovês (em baixo) na produção de cartas rumadas.....	19
figura 8 - Sequência de loxodromias para avaliação de erro de transposição para referencial cartesiano.....	22
figura 9 - Representação da linha de costa Mediterrânica, obtida por cálculo loxodrómico, sobre um referencial cartesiano	24
figura 10 - Detalhe da carta de Jorge de Aguiar de 1492	24
figura 11 - Detalhe da carta de Jorge de Aguiar de 1492	25
figura 12 - Centro rumado e rosa-dos-ventos	26
figura 13 - Esquadria base de produção de uma carta rumada com rosa-dos-ventos e tronco de léguas.....	27
figura 14 - Esquadria e implantação da linha de costa mediterrânica numa carta rumada	27
figura 15 - Carteação do ponto de fantasia	29
figura 16 - Carta rumada do Mediterrâneo.....	30
figura 17 - Condições ambientais dominantes e rotas seguidas pelos navegadores portugueses	32
figura 18 - Carta de marear do início do século XV com meridiano graduado	36
figura 19 - Carta de marear portuguesa mais antiga conhecida com meridiano graduado.....	39

figura 20 - Numeração das principais direções da rosa dos ventos....	41
figura 21 - Marcação dos pontos de fantasia e esquadria (F e E).....	42
figura 22 - Marcação dos pontos de fantasia, esquadria e respetivo (F, E e R / F1, E1 e R1).....	44
figura 23 - Marcação do ponto de esquadria segundo Manuel Pimentel para rumos 1°, 5° e 7°	45
figura 24 - Carta de alturas com a linha do equador graduada - "carta plana quadrada"	49
figura 25 - Vista em perspetiva da Terra com modelo de círculos e rumos sobrepostos.....	52
figura 26 - Modelo de círculos e rumos na projeção de Mercator	53
figura 27 - Modelo de círculos e rumos na projeção Plate Carrée	53
figura 28 - Grelha geográfica implícita numa carta-portulano do século XV.....	62
figura 29 - Evolução da declinação magnética e linha de costa (magnética) entre 1200 e 1450.....	64
figura 30 - Comparação de posicionamento relativo entre linhas de costa (magnéticas) do Mediterrâneo entre o ano de 1200 e 1450.....	65
figura 31 - Inclinação da grelha magnética implícita sobre uma carta-portulano do século XV entre 1200 e 1450.....	68
figura 32 - Grelha geográfica implícita sobre carta rumada de 1489 considerando declinação magnética do ano de 1200.....	69
figura 33 - Grelha geográfica implícita sobre carta rumada de 1566 considerando declinação magnética do ano de 1200.....	70
figura 34 - Grelha geográfica implícita sobre carta rumada de 1639 considerando declinação magnética do ano de 1200.....	71
figura 35 - Carta-portulano de alturas do Mediterrâneo datada de 1630 com grelha geográfica implícita.....	72
figura 36 - Comparação entre a carta rumada de 1639 de Cavallini e de 1630 de João Teixeira Albernaz.....	73

figura 37 - Representação em perspetiva do espaço geográfico do equador ao polo norte entre os 0° e os 10° oeste	76
figura 38 - Representação plana do espaço geográfico do equador ao polo norte entre os 0° e os 10° oeste	76
figura 39 - Vista em perspetiva do globo com marcações de 600 milhas náuticas sobre diversos paralelos.....	77
figura 40 - Representação plana da variação do comprimento de um arco de longitude com 600 milhas náuticas de comprimentos desde o equador até ao polo norte.....	78
figura 41 - Grelha implícita com base na linha de costa da carta de alturas de João Teixeira Albernaz em 1643	80
figura 42 - Grelha implícita gerada a partir da linha de costa da carta de alturas de Pierre Devaux de 1613	81
figura 43 - Grelha implícita gerada a partir da linha de costa da carta de alturas de João Teixeira Albernaz	82
figura 44 - Modelo da declinação magnética no ano de 1500	85
figura 45 - Carta de alturas de Pedro Reinel	85
figura 46 - Detalhe da escala inclinada de latitudes da carta de alturas de 1504 de Pedro Reinel.....	86
figura 47 - João Teixeira Albernaz	87
figura 48 - Planisfério de c. 1590 com grelha geográfica implícita sobre o Atlântico	88
figura 49 - Carta de alturas do Atlântico de 1633 com escala inclinada de latitudes e grelha implícita sobreposta.....	89

Introdução

As cartas-portulano eram espécimes cartográficos inicialmente desenvolvidos na idade média e transição para a idade moderna, para o planeamento e a condução da navegação marítima, cujo exemplar mais antigo conhecido data do século XIII¹. Até ao terceiro quartel do século XV as cartas-portulano centravam-se, essencialmente, na representação do espaço geográfico do mar Mediterrâneo, passando depois, com o advento dos Descobrimientos Portugueses, a cobrir espaços mais alargados que progressivamente incluíram o Atlântico, a costa africana e o Índico, até à produção, no início do século XVI do planisfério de Cantino².

Particularmente, desde o terceiro quartel do século XV até ao primeiro quartel do século XVI, as técnicas de produção cartográfica das cartas-portulano rumadas evoluíram com o desenvolvimento da navegação astronómica, absorvendo os seus conceitos, dando origem a cartas-portulano de alturas. Pela sua natureza, este tipo de cartas encerra incompatibilidades conhecidas entre os seus diversos elementos cartográficos. Diversos autores têm elaborado sobre soluções holísticas para explicar a relação entre estes elementos, particularmente entre a representação da linha de costa, a teia de rumos, o tronco de léguas e a escala de latitudes. Destas análises resultaram teses sobre as características cartográficas das cartas-portulano, de que se destacam as que discutem se as mesmas eram “quadradas”, que é uma designação utilizada para referir a produção cartográfica em que a grelha geográfica implícita apresenta igual dimensão dos graus de latitude e longitude.

O objetivo desta dissertação é contribuir para o conhecimento da produção técnica das cartas-portulano e aferir o tipo de relacionamento que poderá existir entre os seus diversos elementos cartográficos. Assim, no primeiro capítulo faz-se um enquadramento histórico relativa à época, às atividades e aos desenvolvimentos científicos que levaram ao surgimento e evolução destas cartas, e faz-se uma descrição da teoria relativa aos sistemas de referência geoespaciais mais relevantes para a análise do processo cartográfico em causa. No segundo capítulo são apresentados os diferentes tipos de cartas de marear, as suas principais características técnicas, os métodos de carteação usados e a identificação dos principais

¹ Carta Pisana, datada do último quartel do século XIII.

² Este planisfério é anónimo de origem portuguesa. A indicação do nome Cantino está relacionada com o agente italiano que o adquiriu e entregou ao Duque de Ferrara cerca de 1502.

problemas ou distorções das cartas para efeitos do planeamento e condução da navegação marítima. No terceiro capítulo é apresentada uma análise técnica às cartas rumadas no que se refere à declinação magnética e à rotação horária da linha de costa do Mediterrâneo, permitindo aferir o período mais provável de construção da primeira carta rumada. No quarto capítulo é apresentada uma análise técnica a cartas de alturas, através da geração de uma grelha geográfica implícita, permitindo concluir sobre alguns aspetos relativos à sua construção. No final são apresentadas as conclusões relativas a todo este processo de investigação sobre as cartas-portulano.

Capítulo 1 - Enquadramento histórico

A evolução humana de sociedades nómadas para sedentárias, resultante do desenvolvimento de técnicas de agricultura e pecuária que permitiam a vivência humana controlada quanto às suas necessidades básicas, cedo se tornaram excedentárias, potenciando o desenvolvimento de atividades comerciais.

Ainda no âmbito do desenvolvimento das sociedades antigas, foram surgindo tendências imperiais de controlo de grandes espaços geográficos, implicando, para além da realização de atividades comerciais, a mobilidade de grandes massas humanas para conquista e ocupação territorial.

Para além de potencial fonte de recursos piscícolas, pela sua natureza, o mar apresentou-se como um meio físico que permitia o transporte marítimo com grande eficiência quando comparado com o transporte terrestre. Para tal foi necessário desenvolver plataformas flutuantes, meios de locomoção, técnicas de navegação e apreender as características dos fenómenos ambientais. Todavia, o mar está muito sujeito à alteração das suas condições de navegabilidade face à meteorologia local e regional, pelo que contém fatores de risco relativamente elevados. Este facto levou a que inicialmente se navegasse essencialmente junto à costa e apenas mais tarde se aventasse navegar ao largo.

Para o mundo europeu dos finais da antiguidade e idade média, o mar Mediterrâneo era a principal bacia marítima. As suas características geográficas, grande extensão no sentido este-oeste e relativa curta extensão norte-sul, permitiam fazer uma navegação relativamente segura pelo seu perímetro, ao longo das costas, sempre com terra à vista. As travessias meridionais levariam à perda de vista da costa, mas as distâncias eram relativamente curtas, representando um risco moderado para os navegantes. As rotas em direção ao norte da Europa far-se-iam junto a costa, tanto para permitir o reabastecimento logístico de água e víveres dos navios, como para garantir o rápido abrigo em caso de mau tempo.

À semelhança de muitas outras atividades, o conhecimento ou a perceção do espaço geográfico é fundamental para garantir o sucesso da navegação marítima. Ao contrário do espaço terrestre onde, desde a antiguidade, se marcaram e abriram caminhos de fácil reutilização itinerária, no mar tal técnica não é fisicamente possível de aplicar. Na navegação

marítima partia-se de um ponto de localização conhecida e a evolução para um destino que implicasse deixar de ver a costa fazia-se conjugando o rumo³ com a estimativa da distância navegada⁴.

A percepção do espaço geográfico é particularmente complicada quando a área de análise tem uma dimensão infinitamente grande ou pequena face à referência humana e ao seu horizonte visual. A principal técnica utilizada, desde a antiguidade, para se conceptualizar os grandes espaços geográficos é a representação gráfica em escala reduzida, ou seja, um mapa ou uma carta⁵.

Sistemas de referência

A caracterização e análise das cartas-portulano que é feita nesta dissertação carece de um enquadramento prévio quanto aos sistemas de referência passíveis de ser usados na cartografia histórica.

Um sistema de referência é um conjunto de conceitos, elementos e definições que é utilizado para se fazerem medições, marcações ou representação de distâncias, rumos, posições ou explicitarem relações entre objetos. Para efeitos desta dissertação, apenas serão descritos os sistemas de referência relevantes para a representação cartográfica discutida e a sua organização conceptual foi definida pelo autor visando este mesmo propósito.

Existem diversos critérios para classificar sistemas de referência. No presente contexto podemos agrupar os sistemas de referência em dois grupos: **sistemas relativos** e **sistemas**

³ Rumo, direção de navegação. Tradicionalmente divide-se um círculo em 360 partes (graus) para dar indicação do rumo de navegação. O rumo norte corresponde a 0°, o rumo leste a 90°, o rumo sul a 180° e o rumo oeste a 270°. Desde o século XII que os navegadores europeus utilizavam uma agulha magnética para determinar o rumo. Todavia o rumo magnético não é coincidente com o rumo geográfico, apresentando variações no tempo e no espaço.

⁴ As distâncias em terra podiam ser facilmente estimadas, por exemplo, a passo. No mar, a deslocação de um navio é afetada por um conjunto diversificado de elementos naturais que constantemente lhe alteram o rumo, o abatimento face à rota prevista e a velocidade de progressão. A prática marinheira permite que alguns dos elementos perturbadores sejam razoavelmente controlados ou conhecidos, sendo que a força ou velocidade do vento médio e o ângulo com que este entra relativamente à direção longitudinal do casco sejam os fatores que mais influenciam a estimativa da distância percorrida.

⁵ A representação terrestre em escala reduzida é normalmente designada por mapa (p.e. mapa topográfico), enquanto a representação dos espaços marítimos para efeitos de navegação é designada por carta (carta náutica). Os mapas contêm o máximo de informação possível de ser utilizada em diversas aplicações. As cartas servem apenas para navegar e devem estar despidas de quaisquer elementos que não sirvam especificamente este propósito. As cartas devem ainda permitir a marcação frequente de rumos e posições, sendo documentos de utilização prática com marcação de elementos gráficos muito frequente.

absolutos. Um sistema de referência relativo posiciona os objetos de acordo com a posição relativa entre si, de acordo com critérios geométricos ou topológicos. Um sistema de referência absoluto posiciona os objetos de acordo com a sua posição face a uma origem específica. Os sistemas de referência relativos incluem, por exemplo, sistemas de referência topológicos, essencialmente topológicos e sistemas geométricos (distância e direção)⁶. Os sistemas de referência geográficos absolutos normalmente utilizam o centro da Terra como origem para definição de diversos sistemas de coordenadas (sejam elas cartesianas ou polares).

- Sistemas de referência relativos
 - Topológicos
 - Essencialmente topológicos
 - Geométricos
- Sistemas de referência absolutos

Os sistemas de referência relativos topológicos e os essencialmente topológicos utilizam conceitos de conectividade, contiguidade e inclusão relativamente a nós (pontos), arcos (linhas) e polígonos (áreas), como forma de representação de relações entre objetos⁷. Estes sistemas de referência não utilizam qualquer sistema de coordenadas para o posicionamento de objetos e não implicam qualquer tipo de rigor geográfico ou geométrico na representação da localização dos objetos. A particular diferença entre os sistemas topológicos e essencialmente topológicos é que os segundos poderão ter por base uma representação quase-geográfica da localização dos objetos/elementos (esboço). A figura 1 mostra um troço da tábua Peutingeriana, um mapa itinerário do Império Romano, que utiliza um sistema de referência essencialmente topológico. As deformações da representação geográfica do

⁶ Existem outros sistemas de referência relativos. Por exemplo, o sistema de identificação de moradas é um sistema de referência relativo utilizado mundialmente. Neste sistema de referência não são utilizados quaisquer tipos de sistemas de coordenadas geográficas ou cartográficas para o posicionamento e localização de objetos.

⁷ Hoje em dia este sistema é utilizado para, por exemplo, representação da rede de transporte metropolitano de uma cidade. Com base numa representação diagramática com linhas e pontos, as pessoas orientam-se na sua movimentação entre as diferentes estações, sem terem para tal qualquer informação de distância, rumo, coordenadas ou mesmo uma representação geográfica de base.

espaço terrestre são evidentes⁸, mas a representação topológica da rede de estradas seria suficiente para se utilizarem os caminhos do Império com exatidão funcional.



figura 1 - Segmento III e IV da tábu Peutingeriana⁹

Os sistemas de referência relativos baseados em distância e direção utilizam conceitos geométricos para representação e marcação do posicionamento relativo entre dois objetos, sem utilizarem um qualquer sistema de coordenadas explícito. Essencialmente tratam-se de sistemas planares do tipo cartesiano cuja origem é definida de forma arbitrária.

Os sistemas de referência absolutos são vulgarmente utilizados em projeções cartográficas para planificar a Terra e produzir mapas terrestres ou cartas náuticas. São ainda utilizados na produção tridimensional de globos.

Neste capítulo apresentou-se, de forma sucinta, a relevância e a motivação para a produção da cartografia náutica associada ao desenvolvimento de atividades humanas e da navegação. Foram, ainda, apresentados os sistemas de referência relevantes para a cartografia náutica

⁸ A superfície de base destas tábuas seriam pergaminhos cosidos e enrolados em dois eixos nos seus extremos. Atendendo às limitações da dimensão do pergaminho, o império Romano teria de ser representado com grandes deformações transversais, obrigando ao seu achatamento. Por outro lado, não haveriam limitações longitudinais uma vez que se poderiam acrescentar pergaminhos conforme as necessidades.

⁹ Disponível em linha em <https://tinyurl.com/k4ecpem> em 11/04/2017.

antiga. No capítulo seguinte são apresentados os diferentes tipos de cartas de marear desenvolvidos no período em discussão.

Capítulo 2 - A carta de marear

As cartas náuticas produzidas desde o século XIII até ao século XVIII foram genericamente denominadas “cartas de marear”¹⁰, ou seja, cartas para navegar no mar.

Para que se possa analisar as características dos diversos tipos de cartas de marear é necessário ter em conta os objetivos da navegação marítima, a tecnologia disponível em cada momento e o nível do conhecimento científico sobre as matérias relevantes para o seu uso.

De uma forma prática, esta análise pode ser realizada tendo por base quatro questões:

- Quais são os problemas de orientação que os navegadores precisam resolver no mar para chegar aos seus destinos?
- Que predicados deve ter a carta de marear para facilitar o seu uso pelo navegador?
- Que instrumentos náuticos estão disponíveis para auxiliar a condução da navegação?
- Quais são os locais seguros para navegar?

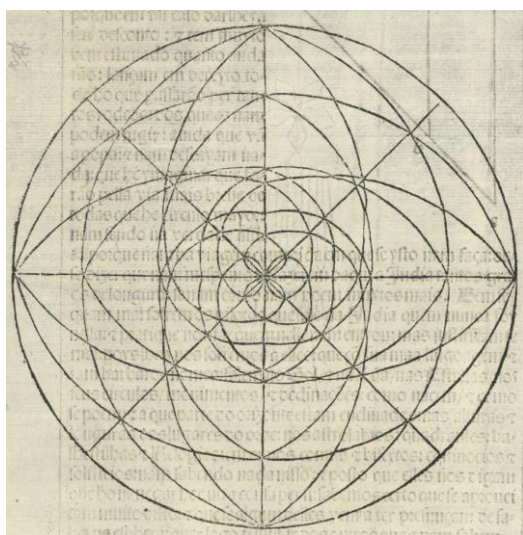
Quanto à primeira questão, os navegadores essencialmente precisam de planear uma determinada viagem e posteriormente precisam de controlar a sua execução. Ou seja, os navegadores precisam de saber qual o percurso (rumo e distância) que deve ser feito entre dois locais e qual a sua posição em cada momento da navegação. Este problema não se alterou com o tempo, sendo comum para todas as épocas.

Quanto à segunda questão, a carta de marear deve ter características técnicas que facilitem ao navegador responder à primeira questão de forma correta e expedita. Assim, deverá ser prático georreferenciar uma posição, o rumbo entre dois locais deverá ser representado por uma linha reta e a distância entre dois locais na carta deverá corresponder à distância real. O que varia nesta questão, ao longo dos tempos, é o nível de rigor e de eficiência com que é realizado o controlo da navegação.

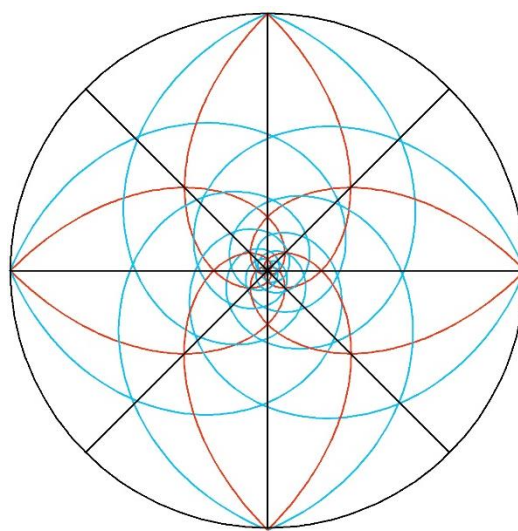
Existem duas formas comuns de definir ou planear o percurso a realizar entre dois pontos no globo: seguir o rumbo direto e constante entre esses pontos ou seguir o círculo máximo que passa por esses pontos. A melhor opção vai depender dos instrumentos disponíveis para o planeamento e a condução da navegação.

¹⁰ Repare-se no título da obra de Pedro Nunes de 1537: “Tratado em defensam da carta de marear”.

Em 1537 Pedro Nunes explicou a forma mais expedita de planejar o rumo de uma navegação usando uma carta de marear, que passaria por traçar ou definir rumos através da marcação de linhas retas. Para que tal fosse possível era necessário que a linha do rumo cruzasse os meridianos da carta segundo um mesmo ângulo, o que implicava que os mesmos fossem igualmente linhas retas e paralelas entre si. Uma linha de rumo com estas características, posteriormente designada por loxodromia¹¹, percorreria a Terra seguindo uma espiral que terminava sempre num dos polos. A figura 2 mostra o esquema de loxodromias de Pedro Nunes e uma reprodução do autor desse mesmo esquema com recurso a sistemas de informação geográfica e respetiva visualização em perspetiva tridimensional. As linhas pretas são círculos máximos (a linha do equador e os meridianos que passam por uma dada origem, 45° E e W, 90° E e W, 135° E e W e 180° E/W), as linhas vermelhas são loxodromias de rumos 45° e 315° (nordeste/sudoeste e noroeste/sueste), e as linhas azuis são loxodromias de rumos 67,5° e 292,5° (lés-nordeste/oés-sudoeste e oés-noroeste/lés-sueste). Para facilitar a visualização do percurso loxodrómico sobre a Terra, a imagem mais em baixo à esquerda tem representadas apenas 4 loxodromias, com a mesma origem, mas com rumos distintos. A imagem da direita tem as 16 loxodromias tal como apresentadas por Pedro Nunes.



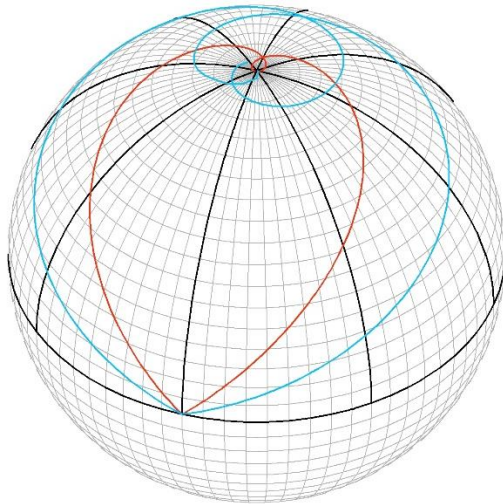
Esquema de Pedro Nunes¹²



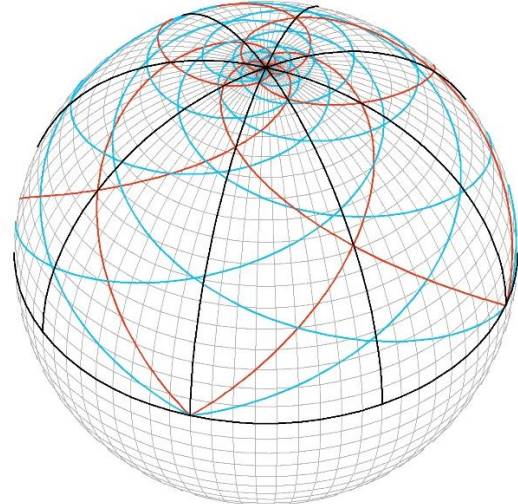
Réplica das loxodromias de Pedro Nunes

¹¹ Loxodromia - nome inventado em 1624 por Snelio (ver Fontoura da COSTA, 1934, p. 224).

¹² Figura extraída de Pedro Nunes, *Tratado da sphaera com a Theorica do Sol e da Lua*, Lisboa, [s.n.], 1537, p. 131.



Esquema em perspectiva de 4 loxodromias



Esquema em perspectiva das 16 loxodromias

figura 2 - Esquema de Pedro Nunes e representação em perspectiva de linhas loxodrómicas

A linha loxodrómica não corresponde ao percurso mais curto entre dois lugares na Terra, mas apenas ao percurso mais curto entre dois pontos se navegarmos sempre ao mesmo rumo. O percurso mais curto entre dois pontos na Terra segue um círculo máximo e designa-se por ortodromia. No período temporal coberto por esta dissertação, as linhas ortodromias não eram utilizadas para a navegação porque implicavam uma constante alteração do rumo e a necessidade quase permanente do conhecimento da posição do navio para, em tempo, se fazerem as referidas guinadas. A figura 3 tem representado um mapa na projeção de Mercator com a linha ortodromia e a loxodromia entre Lisboa e o sul da Florida. Neste mapa a linha vermelha representa a loxodromia, o rumo marcado ($257,3^\circ$) coincide com o rumo real a realizar por um navio em todo o percurso e está representado por uma linha reta (simples de cartear nesta projeção cartográfica e simples de operacionalizar no mar). A linha azul representa a ortodromia [círculo máximo que passa pelos dois lugares], o rumo inicial é $279,8^\circ$ mas terá de ser constantemente ajustado durante a navegação, o que implica um conhecimento muito frequente da posição do navio. A distância a percorrer na ortodromia é cerca de 76 milhas náuticas mais curta que na loxodrómica, mas o processo de planeamento e controlo da navegação é muito mais complicado, para não dizer mesmo impraticável, com a tecnologia disponível no período em causa. Existem projeções cartográficas onde as

ortodromias são representadas por linhas retas, mas em termos práticos, a navegação tem de fazer-se por alteração constante do rumo¹³.

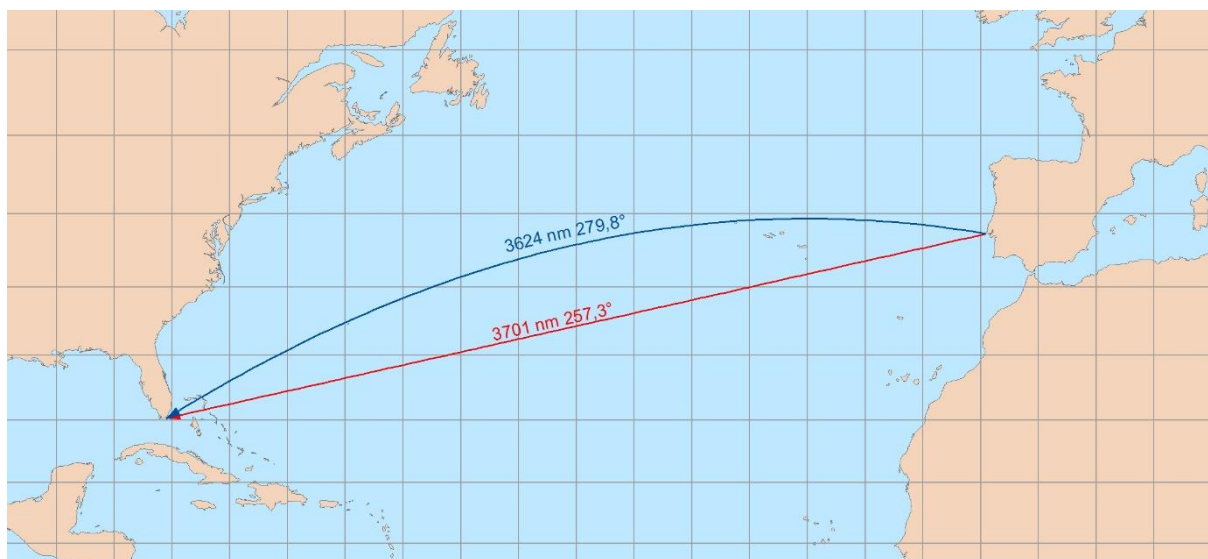


figura 3 – Exemplo da diferença entre a navegação ortodrómica (azul) e loxodrómica (vermelho)

Quanto à terceira questão, os instrumentos disponíveis em cada período condicionam e contribuem, mas não limitam totalmente, a evolução das técnicas de produção cartográfica para apoio à navegação marítima. Todavia, o surgimento de novos instrumentos de apoio à navegação esteve sempre associado à resposta a determinados desafios próprios desta atividade, que sempre se pretendeu a mais rigorosa e expedita possível.

Quanto à quarta questão, os navegadores precisam saber onde está o limite do mar (linha de costa) e todos os potenciais obstáculos e perigos que possam colocar em perigo os seus navios.

Um conjunto de cartas de marear e instrumentos náuticos que permitam responder de forma correta e simples a estas quatro questões corresponderá certamente às necessidades dos navegantes. De alguma forma este conceito foi descrito em 1606 por Simão de Oliveira:

“A arte de navegar é aquela que nos ensina a caminhar pelo mar para uma e outra parte, por meio da agulha e carta de marear, e instrumentos que para tomar a altura do Sol e estrelas servem para nos mostrarem a paragem

¹³ Naturalmente se os dois pontos tiverem a mesma longitude a linha de rumo será norte-sul e não implica qualquer ajuste. O mesmo acontece se a navegação se realizar no equador entre pontos de latitude 0°. Estas serão as exceções à regra.

em que estamos, o caminho andado e por onde andar, onde havemos mudar a derrota, e fugir dos baixos com tudo o mais. Seu fim é alcançarmos por ela sabermos guiar as naus, e percorrer pela superfície do mar.”¹⁴

Em resumo, uma carta de marear deve ter representada a linha de costa e respetiva toponímia, os meridianos e os paralelos deverão ser, implícita ou explicitamente, representados por linhas retas e perpendiculares entre si, para que os rumos possam igualmente ser representados por linhas retas. Os instrumentos náuticos disponíveis deverão permitir definir direções de navegação e efetuar medições diversas para que se possa conhecer e marcar a posição do navio num dado momento.

Do século XIII ao século XVII, verificaram-se evoluções diversas no processo de produção de cartas náuticas, tanto ao nível da aquisição de dados, como dos sistemas de referência utilizados na sua representação diagramática. Em termos gerais considera-se que neste período foram desenvolvidos três grandes tipos de cartas de marear que se classificam em: **cartas rumadas**, **cartas de alturas**¹⁵ e **cartas reduzidas**¹⁶. Há ainda que ter em conta que algumas cartas de grande cobertura geográfica, como por exemplo os planisférios, foram produzidos no início do século XVI através da junção de cartas de tipos distintos não sendo propriamente adequado incluí-las numa classe específica.

As primeiras cartas de marear foram denominadas cartas-portulano. Esta designação teve origem apenas no século XIX. Foi particularmente nesse século que se verificou um interesse especial pela história e evolução da cartografia náutica. Em 1849 o Visconde de Santarém denominou as cartas de marear por “portulanos”¹⁷ e posteriormente, em 1899, Franz Wieser designou-as por “cartas-portulano”¹⁸.

¹⁴ Simão de Oliveira, *Arte de Navegar*, Lisboa, Pedro Crasbeeck, 1606, p. 88.

¹⁵ Utiliza-se indistintamente e com o mesmo significado “carta de altura” e “carta de alturas”.

¹⁶ Estas classificações podem ser extraídas ou deduzidas de Manuel Pimentel, *Arte de navegar e roteiro das viagens, e costas marítimas de Guiné, Angola, Brasil, Índias, e Ilhas Ocidentaes, e Orientaes*, Lisboa, Miguel Manescal da Costa, 1762 [1ed. 1699], pp. 68-69.

¹⁷ Ver estampas na parte II e IV de Visconde de Santarém, *Atlas composé de mappemondes, de portulans et de cartes hydrographiques et historiques*, Paris, E Thunot et C^a, 1849.

¹⁸ A designação utilizada em alemão foi “portulankarte”. Ver nota 39 de Tony Campbell, «Portolan Charts from the Late Thirteenth Century to 1500», Chicago, University of Chicago Press, vol. one, 1987, p. 375.

Por sua vez, a designação portulano tem origem na palavra italiana “portolani” que deriva do latim “*portus*”, que se refere à descrição dos acessos aos portos pelos pilotos¹⁹, sendo um manuscrito ou uma publicação descritiva da navegação aconselhada na aproximação a um porto ou entre dois portos. Ainda hoje em dia estas publicações são produzidas pelos serviços hidrográficos de diversos países e utilizadas pelos navegadores. Para além da indicação de rumos a seguir e distâncias a vencer, os portulanos também dão, entre outras, indicações das condições predominantes de ventos, características das marés, tipo de fundo e profundidades de referência. Muitos incluem vistas em perspectiva das costas e plantas dos principais portos e fundeadouros. Em português os portulanos foram, e ainda são, designados por roteiros. O portulano mais antigo conhecido foi produzido no século XIII com o título de *Lo Compasso de Navegare*²⁰, e descrevia a navegação costeira entre os portos do Mar Mediterrâneo.

Atendendo a que as cartas rumadas se construíram baseadas nos rumos (azimutes²¹) e distâncias entre locais, tal como descritos nos “portulani”, foi com geral aceitação que a generalidade das cartas de marear dos séculos XII a XVIII se passaram a designar por cartas-portulano. Todavia, depois de uma análise técnica aos métodos de construção das cartas de marear, considera-se que só deverão ser consideradas cartas-portulano as cartas rumadas e as cartas de alturas. Estas últimas, apesar de já terem em conta a latitude dos lugares, eram produzidas na sua essência primária tal como as cartas rumadas, ou seja, a base de trabalho para a marcação da linha de costa era o azimute e a distância entre locais, depois ajustados caso a caso com o conhecimento eventual da latitude dos lugares. As cartas reduzidas, apesar de serem perfeitas para a navegação, permitindo representar rumos por linhas retas e medir distâncias de forma bastante rigorosa, eram e são²² construídas com base exclusiva na latitude e longitude dos lugares, e não com base no rumo e distâncias entre si. Assim, na presente dissertação apenas são analisadas e consideradas como cartas-portulano as **cartas rumadas** e as **cartas de alturas**²³. Como complemento e porque o seu surgimento é contemporâneo com

¹⁹ Piloto, principal responsável pela condução da navegação a bordo de um navio.

²⁰ Alessandra Debanne, *Lo Compasso de Navegare. Edizione del codice Hamilton 396 con commento linguistico e glossario*, Bruxelas, P.I.E. Peter Lang, 2011.

²¹ Azimute, ângulo centrado no navegador entre o norte e a direção a seguir. Varia entre 0° e 360° no sentido retrógrado ou horário.

²² A generalidade das cartas náuticas impressas utiliza a projeção de Mercator sendo, por isso, uma carta reduzida (ou de latitudes crescidas).

²³ Diversos autores consideram que a designação carta-portulano é exclusiva das cartas rumadas. O autor considera que as cartas de alturas, apesar de revolucionárias, ainda baseiam a sua construção na técnica utilizada

a produção e utilização dos outros tipos de cartas de marear, descrevem-se algumas características das **cartas reduzidas**.

A carta rumada

Surgimento da carta

Na idade média, o mar Mediterrâneo era o local de maior atividade náutica por parte dos povos europeus, tanto no âmbito comercial como militar. Por razões de segurança marítima a navegação fazia-se preferencialmente ao longo da costa²⁴. A travessia entre as margens norte e sul deste mar fazia-se esporadicamente e mesmo nestas situações a costa nunca desaparecia do horizonte dos navegantes por mais de um ou dois dias. Em tempos remotos a navegação praticada baseava-se na experiência dos pilotos em determinar direções por observação da localização geral das estrelas e do sol num dado momento, e estima das distâncias percorridas face ao vento percebido nas velas das embarcações e dos navios. Com o surgimento da agulha magnética e para auxiliar este tipo de navegação surgiu então a referida carta rumada. Tal está explícito num texto de Manuel Pimentel de 1699:

*“A segunda espécie de cartas [rumadas] é daquela que **se descrevem por rumos e distâncias...**Estas não servem mais que para **navegar junto da costa**, e naqueles mares em que a pouca distância se pode reconhecer a terra, como no mar Báltico ou Mediterrâneo, onde **não passam jamais mais de vinte e quatro horas sem se ver terra**, e portanto o erro não pode ser **grande, e é fácil de emendar.**”²⁵*

Evolução técnica ou científica associada

Por volta de 1200 foi introduzida na navegação do Mediterrâneo a agulha magnética²⁶. Este foi um avanço tecnológico que permitiu, mesmo em dias nublados, orientar as embarcações

nas cartas rumadas. Tal consideração é suportada por diversos escritos dos cosmógrafos-mores do reino dos séculos XVII e XVIII.

²⁴ Pedro Nunes, *Tratado em Defensam da Carta de Marear*, in: F. M. Esteves, *Revista de engenharia Militar* 1911 [1ed. 1537], pp. 241-242.

²⁵ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 69. Na edição de 1712 da *Arte de Navegar*, num rearranjo cronológico, este tipo de cartas (rumadas) foi classificada como sendo do primeiro tipo.

²⁶ E. G. R. Taylor, *The haven-finding art. A history of navigation from Odysseus to Captain Cook*, Nova York, Abelard-Schuman Limited, 1957, p. 95.

para o seu destino. De uma forma simples, os navegadores tinham a indicação em permanência da direção da estrela polar (norte), ou “stella maris” (a estrela que servia de guia aos marinheiros), e podiam manobrar com confiança no rumo que tomavam.

Eventualmente, terá sido esta técnica de navegação baseada em rumos [magnéticos] e distâncias, ou seja, a utilização de duas linhas de posição cujo cruzamento indicaria a localização do navio, que serviu de referência para a produção das primeiras cartas rumadas. Todavia, ainda hoje persiste a dúvida se as cartas rumadas surgiram como instrumento auxiliar à interpretação ou como complemento aos portulanos, ou ainda como instrumento autónomo. Considera-se que a lógica evolutiva faria com que primeiro fossem produzidas representações diagramáticas representativas do conteúdo dos portulanos, o que permitia que os pilotos menos instruídos na leitura pudessem usufruir desta informação sob forma esquemática e, por isso, facilmente interpretável. Posteriormente, o refinamento do conteúdo destes diagramas teria dado origem às cartas de rumar. Em todo o caso, considera-se que o conteúdo dos portulanos era demasiado generalista para que deles, exclusivamente, se pudessem desenhar cartas rumadas. Tal pode-se deduzir de um extrato do referido portulano “Lo Compasso de Navegare”, datado da segunda metade do século XIII, recentemente reproduzido e comentado por Alessandra Debanne:

“Primariamente da lo capo de San Vincenço a la bocca de lo flume de Sibilialia millia CL entre levante et sirocco. [Primariamente, do cabo de S. Vicente à foz do rio de Sevilha são 150 milhas entre o levante e o siroco]”²⁷

Neste portulano, este extrato é a única descrição correspondente ao espaço geográfico entre o Cabo de S. Vicente no Algarve e a foz do rio que passa por Sevilha (Guadalquivir). Apenas ficamos a saber que do Cabo de S. Vicente à foz do rio Guadalquivir são cerca de 150 milhas na direção ESE²⁸ (lés-sueste), sendo impossível produzir qualquer elemento cartográfico rigoroso, tal como se representam nas cartas rumadas a partir do século XIII, com base neste tipo de descrições.

²⁷ Alessandra Debanne, *op. cit.*, p. 35.

²⁸ No passado, as direções no Mediterrâneo tinham nomenclaturas próprias associadas aos ventos. Levante era a designação para Este e Siroco para Sudeste.

Principal área coberta

A grande maioria das cartas rumadas produzidos cobriam essencialmente o mar Mediterrâneo, o mar Negro, parte da costa oeste Africana e parte da costa europeia em direção a norte. Raros são os exemplares conhecidos que cubram outras regiões. Todavia, uma carta rumada portuguesa de 1471 (anónima), a mais antiga conhecida até à presente data, foca-se na representação da costa Africana e oceano Atlântico (figura 4).



figura 4 - Carta rumada Portuguesa datada de 1471 (anónima) cobrindo a costa Africana até ao Golfo da Guiné²⁹

Exemplar mais antigo e mais recente

O mais antigo exemplar conhecido da carta rumada é designada por carta pisana (figura 5), estando datada entre meados e o final do século XIII. Esta carta foi descoberta em Pisa, Itália, pelo antiquário Giuseppe Micalli. Sem assinatura nem data, a sua datação foi realizada com base na simplicidade do seu conteúdo e na marca de uma cruz vermelha perto de Saint-Jean-d’Acre³⁰.

²⁹ Anónima (Portuguesa), 1471, Biblioteca Estense, Modena, Portolano C.G.A.5.c, disponível em linha em [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anonymous_Portuguese_map_c.1471_\(Estense\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anonymous_Portuguese_map_c.1471_(Estense).jpg) em 04/03/2017.

³⁰ Catherine Hoffman *et al*, *L’age d’or des Cartes Marines*, Brussels, Seuil/Bibliothèque nationale de France, 2014, p. 21.



figura 5 - Carta Pisana (Séc. XIII)³¹

Este tipo de cartas foi produzido, pelo menos, até ao século XVII. A figura 6 mostra uma carta rumada do Mediterrâneo, produzida por Giovanni Cavallini em 1639. Todavia, esta carta não apresenta exatamente as mesmas características das tradicionais cartas rumadas. As suas particularidades são apresentadas no final do terceiro capítulo.

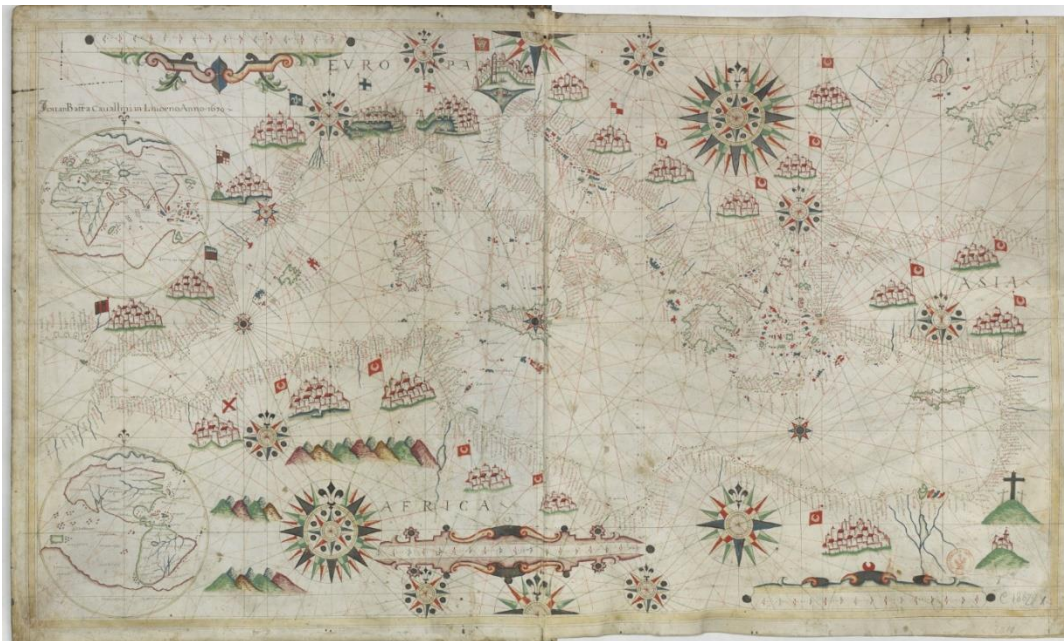
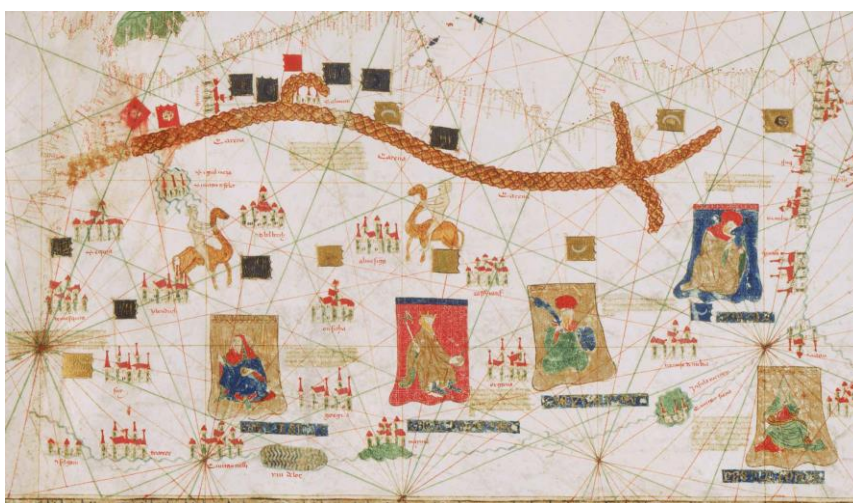


figura 6 - Carta rumada do Mediterrâneo do século XVII³²

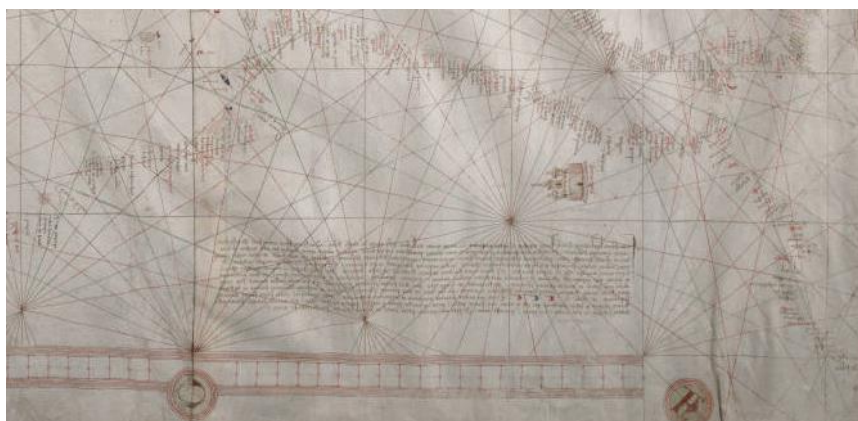
³¹ Carta Pisana, c. 1275-1300, Biblioteque Nationale, Paris, disponível em linha em <https://tinyurl.com/kb2jmcp> em 15/1/2017.

³² Giovanni Battista Cavallini, 1639, Biblioteque Nationale de France, disponível em linha em <https://tinyurl.com/l8nluau> em 05/03/2017.

Inicialmente, a produção de cartas rumadas foi realizada com base em duas escolas, e por isso, com dois estilos distintos: o Catalão (também designado por Maiorquino) e o Genovês (ou italiano). As cartas produzidas segundo o estilo Genovês eram minimalistas, contendo apenas os elementos necessários à condução da navegação³³. As cartas produzidas segundo o estilo Catalão utilizavam o espaço livre de terra para representar orografia específica (p.e. o monte atlas do Norte de África) e outros elementos representativos de realidades socioculturais e religiosas de cada região (figura 7).



Detalhe de uma carta rumada produzida segundo o estilo Catalão³⁴



Detalhe de uma carta rumada produzida segundo o estilo Genovês (Italiano)³⁵

figura 7 - Diferença entre os estilos Catalão (em cima) e Genovês (em baixo) na produção de cartas rumadas

³³ Tony Campbell, *op. cit.*, pp. 392-393.

³⁴ Extrato de uma carta de rumar de Gabriel Valseca, 1439, Museu Marítimo de Barcelona, disponível em linha em <https://tinyurl.com/l82pj9r> em 25/2/2017.

³⁵ Extrato de uma carta rumada do Genovês Francesco Beccario, 1403, Beinecke Rare Book and Manuscript Library, Yale University, disponível em linha em <https://tinyurl.com/ms5q4ec> em 25/2/2017.

Análise técnica à carta rumada

Designações

As primeiras cartas-portulano são designadas nesta dissertação por cartas rumadas. Este tipo de cartas é referido de diversas formas por vários autores, nomeadamente:

- Cartas que se descrevem por rumos e distâncias³⁶
- Carta de navegação estimada³⁷
- Carta loxodrómica^{38 e 39}
- Carta-portulano normal^{40 e 41}
- Carta rumada⁴²

A designação de “cartas que se descrevem por rumos e distâncias” está intrinsecamente associado ao método de construção, que se baseava no posicionamento de conhecenças na linha de costa através da sua localização relativa, medida por um ângulo (rumo) e uma distância (estimada pelos pilotos).

A designação de “carta de navegação estimada” está relacionada com o método de navegação usado na carteação sobre este tipo de cartas. A localização do navio na carta fazia-se marcando sobre a linha de rumo navegada a distância percorrida estimada num determinado período de tempo.

A designação de “carta loxodrómica” está relacionada com o facto dos vetores de produção da carta e a própria carteação pelos pilotos se fazer com base em linhas loxodrómicas, ou seja, linhas de rumo constante.

³⁶ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas...*, 1699, p. 69.

³⁷ António Barbosa, «*Origem e Evolução da Cartografia náutica portuguesa na Época dos Descobrimentos*», *Ocidente*, Lisboa, vol. III, n. 8, 1938, p. 15.

³⁸ G. R. Putnam, *Nautical Charts*, New York & London, John Wiley & Sons (NY), Chapman & Hall (LD), 1908, p. 6.

³⁹ Fontoura da Costa, *A Marinharia Descobrimentos*, 3ª ed., Lisboa, Agência Geral do Ultramar, 1960 (3 ed.), p. 198.

⁴⁰ *Ibidem*, p. 199.

⁴¹ Alfredo Pinheiro Marques, *Portugaliae Monumenta Cartographica - Adenda de actualização*, reprodução fac-similada da edição de 1960 ed., Lisboa, Imprensa Nacional - Casa da Moeda, vol. 6, 1987 [1960], p. 24.

⁴² *Ibidem*, p. 26.

A designação de “carta-portulano normal” surgiu para distinguir cartas de marear construídas de forma distinta. A utilização do termo normal está associada ao primeiro tipo de carta produzida.

A designação de “carta rumada” está associada ao facto de conter um ou dois conjuntos de centros rumados para facilitar a marcação de direções e de tanto na sua produção como na carteação se utilizar predominantemente o rumo entre dois locais como principal linha de posição.

Sistema de referência e escala

Tal como a navegação praticada, as cartas rumadas não usavam um sistema de referência geográfica absoluto para a marcação das conhecenças na linha de costa. Isto significa que não tinham marcada qualquer escala de latitudes e longitudes. A relação geográfica entre dois pontos era dada pelo conjunto da direção e distância entre si. Em termos práticos os cartógrafos representavam o Mediterrâneo num plano usando um sistema cartesiano cuja métrica seria a légua e, portanto, a escala de representação seria igual em todo o espaço.

Elementos gráficos

Os principais elementos gráficos constituintes das cartas rumadas eram: a linha de costa, a toponímia dos lugares costeiros, a uma malha de direções gerada a partir de centros rumados e um petipé ou tronco de léguas⁴³. Para além destes, existem outros elementos ou regras gráficas na produção das cartas que não são descritas por não relevarem especificamente para o âmbito da análise a realizar nesta dissertação. Há ainda que ter em conta que algumas cartas eram especialmente decoradas e enriquecidas de elementos gráficos porquanto o seu objetivo era tornarem-se objetos decorativos de luxo e não necessariamente instrumentos de trabalho. O suporte utilizado para a produção das cartas rumadas era o pergaminho (pele de animal), sendo normalmente mantida a parte do cachaço.

Linha de costa

A linha de costa era representada a preto. Os diferentes segmentos desta linha corresponderiam às linhas loxodrómicas observadas/estimadas, marcadas com recurso a um referencial cartesiano. Todavia, para minimizar os erros desta simplificação, esta forma de

⁴³ Escala graduada para medição de distâncias nas cartas.

cartografar implicava igualmente ter em conta a relação loxodrômica entre os vários locais das duas margens do Mediterrâneo (formando uma espécie de teia) e ajustes regionais. Atendendo à simplificação dos conceitos geoespaciais, este sistema de representação geográfica tinha, naturalmente, alguns problemas de coerência posicional.

A figura 8 mostra dois percursos possíveis entre uma posição no norte de África e a ilha de Maiorca e um referencial cartesiano com origem em “O”. Um dos percursos resulta de uma sequência de loxodromias representadas a vermelho que atravessam o Mediterrâneo. O outro percurso é uma loxodromia direta entre os dois locais, estando marcada a azul. Para termos uma ideia do erro de utilização do referencial cartesiano para cartografar vetores loxodrômicos podemos calcular as coordenadas de Maiorca seguindo os dois percursos. A unidade de medida utilizada na medição de distâncias foi a milha náutica.

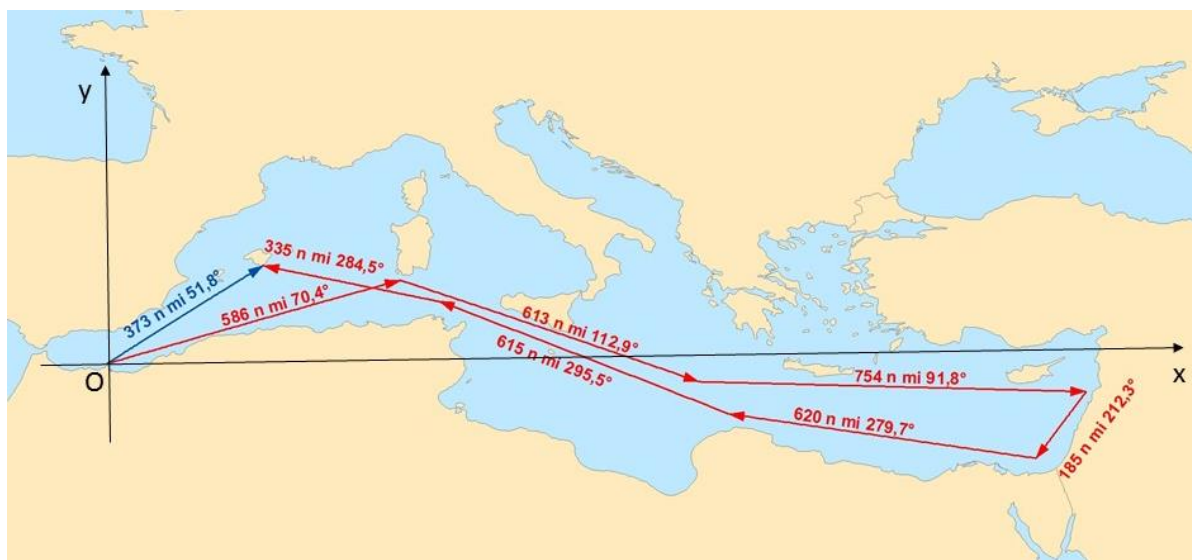


figura 8 - Sequência de loxodromias para avaliação de erro de transposição para referencial cartesiano

A tabela 1 mostra os resultados dos cálculos efetuados para cada percurso. Estes resultados indicam que, definindo a origem no local indicado por “O” no Norte de África, seguindo o percurso mais longo, as coordenadas cartesianas de Maiorca ficam cerca de 12,2 milhas náuticas mais para oeste do que as coordenadas de Maiorca seguindo o percurso mais curto.

Percurso	X cartesiano	Y cartesiano	Dif distância	Azimute
Vermelho	280,9 nm	231,1 nm	12,2 nm	92°
Azul	293,1 nm	230,7 nm		

tabela 1 – Resultados dos cálculo vetorial cartesiano dos vetores loxodrômicos.

Este tipo de erro era conhecido e assumido pelos cartógrafos e cosmógrafos: as distâncias e os azimutes (rumos) entre dois locais próximos ou de observação direta entre si estariam corretos, ou com erro não perceptível/mensurável, mas problemas de condução da navegação surgiriam quando se planeasse a deslocação entre dois pontos cujo posicionamento não tinha sido obtido por medição direta entre si:

“destas Cartas [rumadas] ...ainda que as distâncias do mesmo lugar para outros sejam ajustadas, não podem as dos outros lugares entre si ser de todo ajustadas.”⁴⁴

Aplicando esta modelação (cálculo vetorial de loxodromias sobre um referencial cartesiano) a toda a linha de costa do Mediterrâneo consegue-se perceber a dimensão do ajuste necessário (forçado), nas cartas rumadas, para garantir a máxima coerência possível para toda a extensão do Mediterrâneo. A figura 9 mostra a representação cartesiana da linha de costa do Mediterrâneo cuja informação sequencial de cada segmento foi obtida por cálculo da respetiva loxodromia (i.e. cálculo do azimute e distância). O cálculo vetorial realizado foi dividido por dois segmentos. Iniciando-se no extremo oeste, um dos segmentos segue a margem norte e o outro a margem sul, encontrando-se na zona de contacto entre o mar Mediterrâneo e o mar Negro. As deformações deste método vão-se acumulando à medida que se percorre a linha de costa ficando os seus extremos afastados cerca de 225 milhas náuticas (segmento reto marcado a cinzento), quando na realidade deveriam coincidir.

⁴⁴ Manuel Pimentel, *Arte de navegar & roteiro das viagens, e costas marítimas de Guiné, Angola, Brasil, Índias, & Ilhas Occidentales, & Orientales*, Lisboa, Deslandesiana, 1712, p. 68. Na edição de 1699, Manuel Pimentel sintetiza o problema de uma outra forma afirmando: “é impossível que muitas destas distâncias se ajustem entre si”, p. 69.

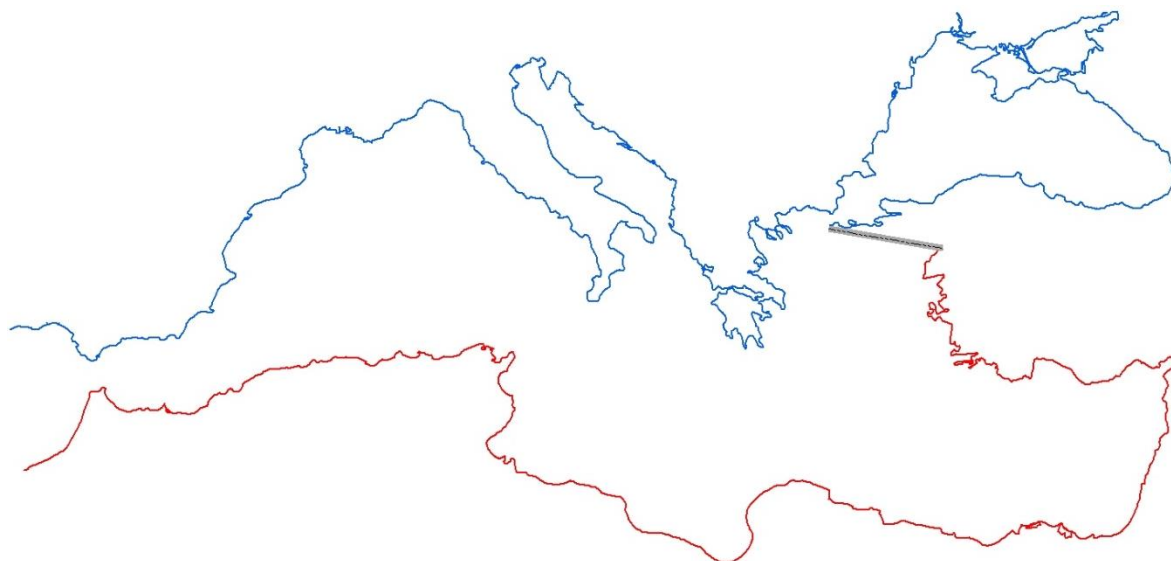


figura 9 - Representação da linha de costa Mediterrânica, obtida por cálculo loxodrómico, sobre um referencial cartesiano

Toponímia

A toponímia incluída nestas cartas resumia-se aos locais costeiros, escrita perpendicularmente à direção da linha de costa. Os locais mais relevantes ou importantes eram escritos a tinta vermelha e os restantes a tinta preta. Os topónimos associados a determinados tipos de conhecenças tinham a sua inicial abreviada (p.e. os nomes dos cabos eram precedidos da inicial “C.”)



figura 10 - Detalhe da carta de Jorge de Aguiar de 1492

Para além da toponímia algumas cartas incluíam também as designações de continentes (p.e. “África” ou “partes de África”). Alguns autores incluíam ainda pequenos textos descritivos, o

seu nome e o ano de produção. A figura 11 mostra um detalhe de uma carta rumada de Jorge de Aguiar onde consta o seu nome como autor (“Jorge daguiar me fez em”) o local de produção (“Lixboa”) e o ano (“1492”).



figura 11 - Detalhe da carta de Jorge de Aguiar de 1492

Centros de rumos e rosas dos ventos

Tal como referido, o princípio da navegação sobre estas cartas baseava-se na marcação de posições através de rumos e distâncias. Para facilitar o processo de carteação, os diferentes rumos estavam pré-representados por um conjunto de linhas originadas em posições dispersas segundo uma forma circular (o centro e mais dezasseis locais ao seu redor). No caso dos planisférios era comum terem dois destes conjuntos de centro rumados.

Cada um destes locais concentrava a origem de 32 linhas retas, abertas em leque e afastadas $11,25^\circ$ entre si (medida angular designada por uma quarta), a partir do norte, no que seriam denominados por centros de rumos. A malha de direções assim gerada funcionava como um sistema de referência linear⁴⁵ para a navegação marítima. No local de alguns centros rumados era normal estarem representadas rosas-dos-ventos. Estas rosas-dos-ventos normalmente indicavam a direção norte com uma flor-de-lis e a direção oeste com uma cruz. Para além de servirem para indicar a direção dos principais pontos cardeais, proporcionavam uma beleza estética à carta e serviam de marca pessoal ou assinatura de vários cartógrafos.

⁴⁵ Um sistema de referência linear é um referencial que utiliza arcos pré marcados (linhas) e distâncias para fazer o posicionamento de objetos num determinado mapa.

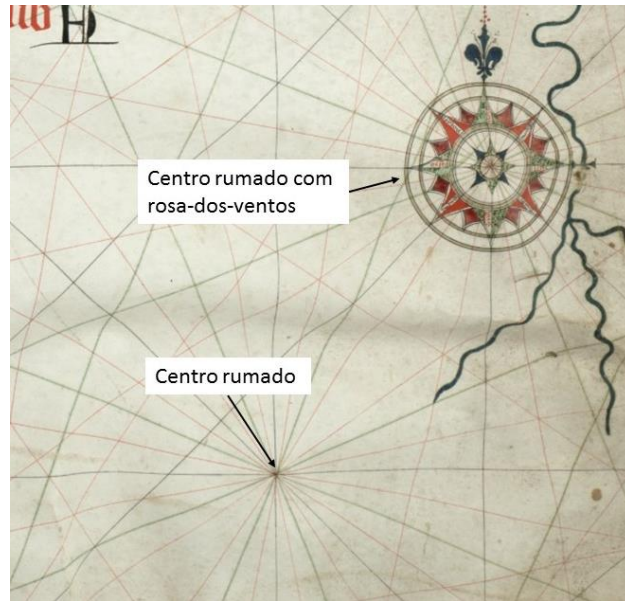


figura 12 - Centro rumado e rosa-dos-ventos⁴⁶

Para valorizar o rigor cartográfico nacional, no seu *Tratado em Defesam da Carta de Marear*, Pedro Nunes refere que os centros de rumos das cartas de marear utilizadas pelos “antigos” não tinham marcados mais de 12 “ventos”⁴⁷, ou seja direções ou rumos. Isso significava que a abertura angular entre rumos seria de 30°, o que contrastava claramente com o espaçamento de 11,25° adotado posteriormente. Esta referência a apenas 12 rumos deveria ser a cartas de marear ainda anteriores ao século XIII uma vez que a carta pisana (a mais antiga conhecida) tem dois centros de rumos já com 16 ventos cada um, o que corresponde a uma abertura angular entre si de 22,5°.

A diminuição da abertura angular dos centros de rumos ao longo dos tempos estará intrinsecamente associada à crescente precisão dos métodos e instrumentos de orientação no mar. Inicialmente, ainda sem agulha magnética, a orientação por métodos visuais seria pouco rigorosa, e daí o uso de centro rumados com um reduzido número de ventos. Posteriormente, já com agulha magnética, a evolução de 16 para 32 rumos estará associada ao maior rigor exigido aos processos de navegação a grandes distâncias e à crescente sofisticação da construção e calibração das agulhas magnéticas.

⁴⁶ Extrato da carta rumada de Jorge de Aguiar, 1492.

⁴⁷ Pedro Nunes, «Tratado em Defesam da Carta de Marear», in: Esteves, F. M. *Revista de engenharia Militar*, [S.l.], [s.n.], vol. 16 e 17, 1911 e 1912 [1537], p. 241.

A figura 13 mostra um diagrama base de marcação de referências para a produção de uma carta-portulano onde se podem ver: um conjunto de centros rumados, uma rosa dos ventos e o petipé geral de léguas.

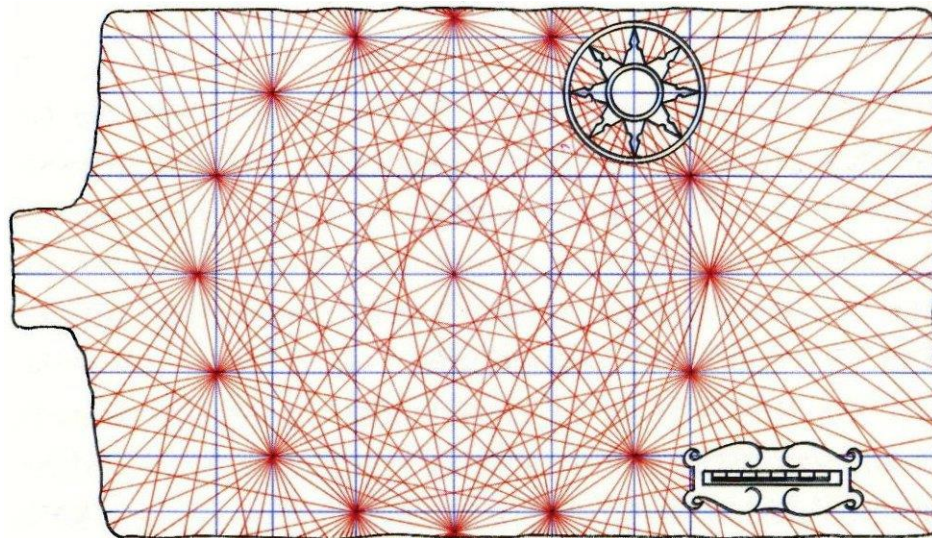


figura 13 - Esquadria base de produção de uma carta rumada com rosa-dos-ventos e tronco de léguas⁴⁸

A figura 14 mostra a implantação da linha de costa de uma zona do mar Mediterrâneo sobre as referências de base.

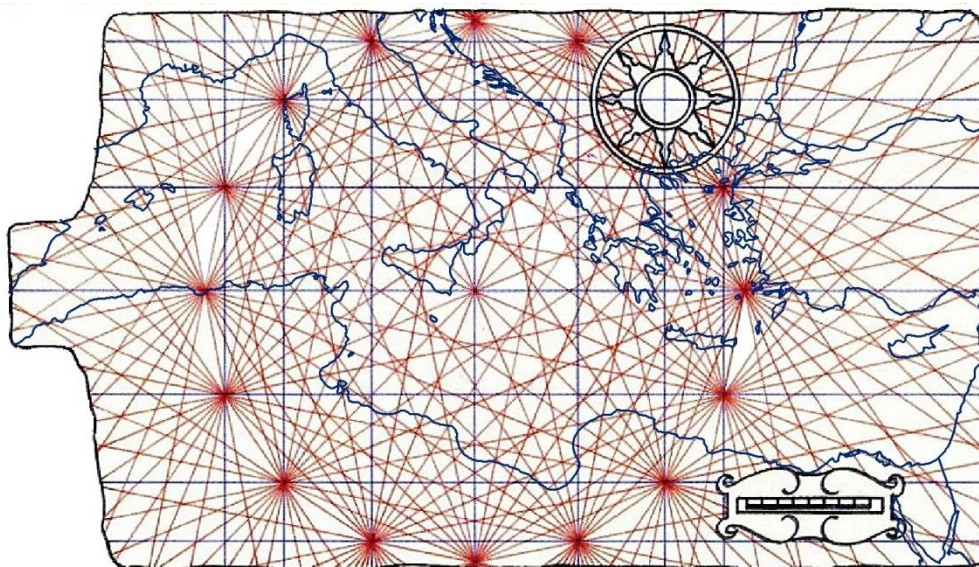


figura 14 - Esquadria e implantação da linha de costa mediterrânica numa carta rumada⁴⁹

⁴⁸Ricardo Cerezo Martinez, *La cartografía náutica española en los siglos XIV, XV y XVI*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994, p. 37.

⁴⁹*Ibidem*, adaptado.

O processo de produção das cartas rumadas não implicava a realização sistemática de todo este processamento. Em muitos casos efetuavam-se meras cópias da estrutura já existente (linhas de referência e/ou elementos cartográficos), atualizando-se apenas o que fosse necessário. Estes modelos de base cartográfica foram designados por padrões e terão sido recorrentemente utilizados durante muitos anos.

Carteação

A carteação nas cartas rumadas era realizada através da marcação do “ponto por estimativa”⁵⁰, também designado por “**ponto de fantasia**”⁵¹. Este processo implicava a utilização de dois compassos de pontas secas, em que um conservava a distância percorrida estimada pelo navegador e o outro o rumo. A figura 15 mostra este processo. O compasso maior (1) tem uma ponta sobre o ponto de partida e uma abertura correspondente à distância percorrida pelo navio desde a última marcação, medida por comparação com o tronco de léguas. O compasso menor (2) marca a distância perpendicular entre o ponto de partida e a linha de vento com a direção mais próxima e paralela ao rumo navegado. Este compasso é depois arrastado sobre a linha de rumo até encontrar a segunda ponta do compasso maior. O local onde a ponta dos dois compassos se tocarem é o ponto de fantasia.

⁵⁰ Simão de Oliveira, *op. cit.*, p. 141.

⁵¹ Manuel Pimentel, *Arte de navegar e roteiro das viagens, e costas marítimas de Guiné, Angola, Brasil, Indias, e Ilhas Ocidentaes, e Orientaes*, Lisboa, Miguel Manescal da Costa, 1762 [1ed. 1699], p. 71.



figura 15 - Carteação do ponto de fantasia

Principais desafios

O facto de as direções obtidas pelas agulhas magnéticas serem relativas ao norte magnético⁵², acrescentava mais um fator de complexidade e erro à utilização e produção das cartas rumadas. O norte magnético não é coincidente com o norte verdadeiro (geográfico) e a diferença entre estas duas direções, designada por declinação magnética, varia de local para local e, em cada local, de ano para ano.

Vários autores realizaram análises técnicas as estas cartas, georreferenciando-as com base na linha de costa e gerando eventuais grelhas implícitas de meridianos e paralelos. A generalidade das conclusões aponta para o facto do eixo longitudinal do Meridiano surgir com um desvio angular significativo face à realidade⁵³ (até 10° no sentido anti-horário). As explicações para este desvio angular incluem a possibilidade das cartas gerais se basearem na junção de cartas parciais, podendo daí resultar um erro de orientação, e/ou na declinação magnética observado na época. Gaspar sugere um conjunto de fatores que podem explicar

⁵² Até finais do século XV os navegantes não conheceriam nem teriam a noção da declinação magnética (diferença entre o norte verdadeiro e o magnético) nem da sua variabilidade espacial e temporal.

⁵³ Ver, por exemplo, Joaquim Alves Gaspar, «Dead reckoning and magnetic declination: unveiling the mystery of portolan charts», *e-Perimetron*, vol. 3, n. 4, pp. 191-203, 2008, p. 196.

esta inclinação em cartas rumadas produzidas com cerca de 150 anos de diferença entre si⁵⁴. No terceiro capítulo é apresentada uma análise técnica a diversas cartas rumadas, seguindo a mesma metodologia teórica, mas evoluindo na forma de aplicação da declinação estimada para a época em causa em cada lugar, ao invés de um valor médio para toda uma carta ou zona de carta. A partir dos resultados de aplicação desta metodologia é apresentada uma potencial explicação para o desvio angular observado na linha de costa do Mediterrâneo.

A produção de cartas rumadas, principalmente cobrindo o Mediterrâneo, deu-se até aos inícios do século XVII. A figura 16 mostra uma destas cartas produzida pelo cartógrafo português Diogo Homem em 1566.



figura 16 - Carta rumada do Mediterrâneo⁵⁵

A carta de alturas

Surgimento da carta de alturas

A carta rumada, cuja produção e utilização era baseada em direções [magnéticas] e distâncias estimadas [pelos navegadores], era particularmente adequada à navegação costeira e à

⁵⁴ *Ibidem*, pp. 201-202.

⁵⁵ Diogo Homem, 1566, Universidade de Coimbra, disponível em linha em <https://tinyurl.com/k3297hl> em 22/02/2017.

configuração geográfica do mar Mediterrâneo. As diferenças observadas entre a realidade e a carta rumada eram facilmente compensadas, durante a navegação, pelo reconhecimento de pontos conspícuos na costa Mediterrânica. Todavia, a exploração da costa Africana pelos Portugueses, iniciada após a tomada de Ceuta em 1415, apresentava condições meteorológicas, oceanográficas e geográficas que implicaram a adoção de novos métodos de navegação e, conseqüentemente, o desenvolvimento de um novo tipo de cartas náuticas.

No início do século XV a navegação pela costa africana em direção a sul era realizada a favor de ventos e correntes persistentes, não apresentando contrariedades significativas, estando apenas condicionada pela logística de bordo e pelo receio que os marinheiros tinham de ultrapassar o limite do mundo por si conhecido: o cabo Bojador. O grande problema era o regresso, navegando em direção a norte, que implicava um interminável processo de navegação à bolina⁵⁶, por bordos alternados, com muito reduzido avanço em cada dia e por isso com grandes implicações logísticas no abastecimento de água e víveres. Entre o que poderá ter sido o acaso de algum navio se aventurar seguindo os ventos dominantes do Atlântico Norte e o conhecimento acumulado das condições meteorológicas e oceanográficas dominantes, surgiu a solução de navegação eficiente de regresso a Portugal a partir da costa Africana: a volta do largo. A persistência de um anticiclone sobre o Atlântico Norte, centrado nos 30° norte, hoje em dia designado por anticiclone dos Açores, gera um sistema de ventos e correntes marítimas com forma aproximadamente circular e no sentido horário. Um navio à vela que usasse de feição esta característica circular dos ventos dominantes, arriscava um perigoso distanciamento de terra, aumentava a distância a percorrer, mas garantia uma viagem muito mais rápida, por ser realizada sempre com o vento a favor (pelos setores de popa). A figura 17 mostra os ventos e correntes dominantes no Atlântico Norte, e a volta do largo realizada pelos navios a partir de cerca de meados do século XV.

⁵⁶ Navegação à bolina é uma técnica que permite navegar numa direção com o vento a entrar pelos setores de proa (embora não exatamente pela proa). Através de uma navegação à vela em zig-zag, o navio pode ir lentamente avançando na direção de onde sopra o vento.

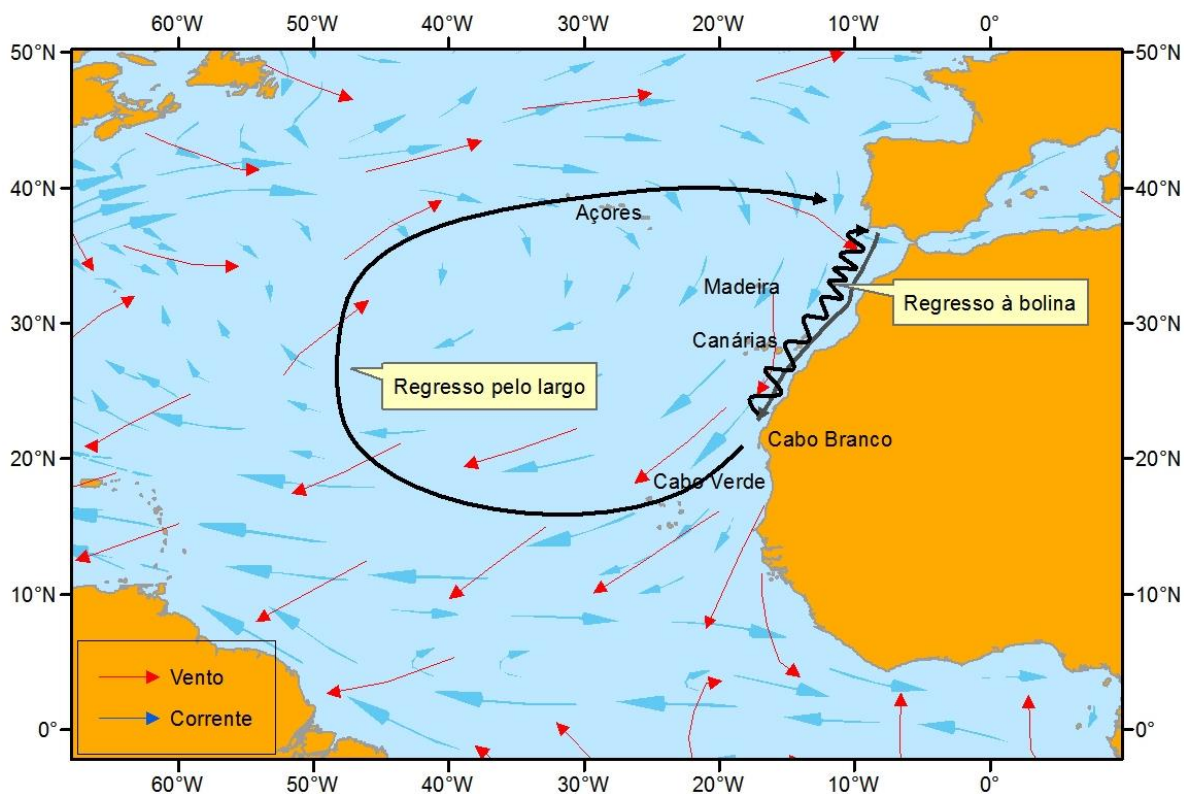


figura 17 - Condições ambientais dominantes e rotas seguidas pelos navegadores portugueses

Evolução técnica ou científica associada

É neste contexto que se dá, na segunda metade do século XV, o desenvolvimento da navegação astronómica por navegadores portugueses. Inicialmente, a medição angular da altura⁵⁷ da estrela polar e do Sol na passagem meridiana, enquadrada pelo crescente conhecimento teórico da astronomia, permitia calcular a latitude dos lugares. A medição das alturas astronómicas começou por ser realizada utilizando os simples quadrantes, evoluindo mais tarde para os astrolábios náuticos.

Este conhecimento acrescido foi incluído no processo de produção de cartas de marear, passando os pontos conspícuos da linha de costa a ser carteados de acordo com a sua latitude e graduando-se um meridiano com a respetiva escala de latitudes. Os graus de latitude representados nesta escala tinham a mesma dimensão, razão pela qual elas passaram igualmente a ter a designação de cartas de graus [de meridiano] iguais. Aliás, em 1681 Serrão Pimentel indica mesmo:

⁵⁷ Altura é a designação atribuída ao ângulo centrado no observador entre o horizonte e os astros.

*“Trato da nossa carta de marear em que **são iguais entre si os graus do Meridiano**, que é mais fácil para o uso que a que hoje fazem as nações do Norte com os graus do Meridiano desiguais [carta reduzida].”⁵⁸*

Na edição de 1762 da *Arte de Navegar* de Manuel Pimentel, é indicado que o surgimento destas cartas, no tempo do Infante D. Henrique, se deveu à necessidade de simplificar os cálculos que seriam necessários fazer caso fosse utilizada uma tradicional carta geográfica (terrestres) para efeitos da navegação:

“E vendo que o fim dos Pilotos era saber a distancia de hum lugar a outro, e conduzir o navio ao porto destinado, julgou sabiamente que não poderiam conseguir o fim pretendido, se usassem de Cartas Geográficas, pela grande dificuldade, que envolve, e perícia, que requiere o seu uso: e assim traçou estas Cartas por linhas paralelas, para nelas se poder assinar o lugar da nau ajustada, e facilmente, sem a moléstia do cálculo, de que o comum dos Pilotos não é capaz.”⁵⁹

Com a possibilidade de determinar a sua própria latitude, os navegadores acrescentavam uma linha de posição ao método de posicionamento tradicional do Mediterrâneo por rumo e distância estimada (apenas duas linhas de posição) evoluindo, dessa forma, nos conceitos de navegação e carteação.

Principal área coberta

As novas técnicas de navegação astronómica e a correspondente inovação refletida nas cartas de alturas abriram a produção cartográfica a todo o globo. Ao contrário das cartas rumadas cuja produção estaria limitada ao mar Mediterrâneo, ao mar Negro e ao mar Báltico, as cartas de altura podiam cobrir oceanos inteiros e, naturalmente todo o mundo conhecido.

⁵⁸ Luís Serrão Pimentel, *Arte pratica de navegar e Regimento de pilotos*, Lisboa, Antonio Craesbeeck de Mello, 1681, p. 96.

⁵⁹ Manuel Pimentel, *Arte de navegar e roteiro das viagens, e costas marítimas de Guiné, Angola, Brasil, Indias, e Ilhas Ocidentaes, e Orientaes*, Lisboa, Miguel Manescal da Costa, 1762, p. 68.

Análise técnica à carta de altura

Designações

O tipo de cartas de marear cuja construção se baseava em rumos e distâncias entre dois locais acrescido da informação relativa à latitude, é designado nesta dissertação por cartas de altura. Este tipo de cartas tem sido designado por diversos autores com outras expressões tais como:

- Carta Portuguesa ordinária⁶⁰
- Carta Portuguesa⁶¹
- Carta de marear de graus [de meridiano] iguais e meridianos paralelos⁶²
- Carta plana de marear de graus do meridiano iguais e rumos paralelos⁶³
- Carta plana, comum ou de graus [de meridiano] iguais⁶⁴
- Carta de altura ou de navegação astronómica⁶⁵
- Carta de latitudes⁶⁶
- Carta híbrida^{67 e 68}

A variedade destas designações tem naturalmente explicações diversas, de acordo com o foco que os diversos autores pretenderam dar quanto ao seu uso, à sua construção ou à sua forma. A designação de “carta Portuguesa ordinária” ou “carta Portuguesa” dada por Manuel Pimentel parece estar associada a dois factos: por um lado era o tipo de carta produzida regularmente pelos Portugueses, em contraponto com as cartas reduzidas produzidas nesta altura por Ingleses e Holandeses, e por outro lado marcava o facto de que este tipo de cartas teria sido inventado pelos Portugueses. Aliás, em 1699 Manuel Pimentel faz questão de explicitar que:

⁶⁰ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 69.

⁶¹ *Ibidem*, p. 70.

⁶² *Idem*, 1712, p. 67.

⁶³ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 111.

⁶⁴ Manuel Pimentel, *Arte de navegar & roteiro das viagens, e costas maritimas de Guinè, Angola, Brasil, Indias, & Ilhas Occidentaes, & Orientaes*, Lisboa, Deslandesiana, 1712, p. 68.

⁶⁵ António Barbosa, «Origem e Evolução da Cartografia náutica portuguesa na Época dos Descobrimentos», *Ocidente*, Lisboa, vol. III, n. 8, 1938, p. 15.

⁶⁶ Silva Ribeiro, *Cartografia náutica Portuguesa dos séculos XV a XVII*, Lisboa, Instituto Hidrográfico, 2010, p. 85.

⁶⁷ *Ibidem*, p. 77.

⁶⁸ Joaquim Alves Gaspar, *From the portolan chart of the Mediterranean to the latitude chart of the Atlântic*, Lisboa, Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação, 2010, p. 1.

“O primeiro invento das cartas de marear de graus iguais, e meridianos paralelos se atribui comumente ao infante D. Henrique filho terceiro delRei D. João o primeiro de Portugal.”⁶⁹

Naturalmente não terá sido o infante D. Henrique o próprio a inventar este tipo de cartas, mas provavelmente terá sido no seu tempo e por seu mando, ou fruto de novos requisitos operacionais, que os cartógrafos portugueses terão alterado as características da carta rumada para se passar a produzir cartas de alturas⁷⁰. Todavia, uma carta de marear do Mediterrâneo, assinada por Francesco Beccario e datada com o registo de 1403, inclui um meridiano graduado no espaço geográfico a oeste do continente europeu (figura 18). A representação da linha de costa do Mediterrâneo não está de acordo com este meridiano graduado, mas a linha de costa Atlântica tem uma correspondência válida na sua grande parte.

Em 1952 Almagià levantou a hipótese da escala graduada de latitudes da carta de Francesco Beccario ter sido introduzida na carta numa fase posterior à sua produção⁷¹. Todavia, em 2012 Fortunato Lepore refere que numa análise geral a esta carta não parece conseguir-se distinguir as tonalidades da tinta usada nos diferentes elementos nela constantes. Já no âmbito da presente investigação, foi realizada uma análise cromática com recurso a uma aplicação de processamento de imagens. As conclusões desta análise também apontam para a inexistência de diferenças significativas, ou mesmo perceptíveis, entre a tonalidade da tinta usada para produzir a escala de latitudes e os diversos elementos gráficos da carta. Não descurando um potencial problema com a data registada no espécime, isto significa que esta carta poderá ser o exemplar mais antigo conhecido onde terá sido implementado um meridiano graduado. Ainda assim, fica por explicar a razão ou motivação para esta implementação uma vez que não existem registos da determinação e do uso da latitude na navegação do início do século XV.

⁶⁹ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 68. Este texto foi mantido nas edições da *Arte de Navegar* de 1712 e 1762.

⁷⁰ Todavia, a mais antiga carta portuguesa conhecida com meridiano graduado data de 1504, cerca de 44 anos após a morte do Infante D. Henrique.

⁷¹ Citação incluída em Fortunato Lepore *et al*, «The autumn of medieval portolan charts. Cartometric issues», *e-Perimetron*, vol. 7, n. 1, 2012, p.21.



figura 18 - Carta de marear do início do século XV com meridiano graduado⁷²

A designação de “carta plana, comum ou de graus [de meridiano] iguais” está parcialmente explicada acima. A carta seria comum por ser ordinariamente produzida e utilizada pelos navegadores portugueses (fora do Mediterrâneo). Seria de graus iguais [de meridiano] pelo acima referido, restando analisar a razão porque se designou igualmente por carta plana. Aqui não há uma explicação tão explícita como para os termos anteriores, mas existem algumas passagens em referências da época que sugerem que o uso do termo plano seja para contrastar com os globos ou pomas⁷³, que eram esféricos:

*“Como se farão, assim em **globo como em plano, cartas de marear...**”⁷⁴*

*“...fazendo-se cada dia nesta cidade **globos** muito fermosos e custosos nos quais por serem **conformes ao mundo** [esféricos] per que andamos não cabe*

⁷² Francesco Beccario, 1403, Beinecke Library, Yale University, disponível em linha em <https://tinyurl.com/kjae4nl> em 13/3/2017.

⁷³ Globos seriam também designados por cartas de marear esféricas ou redondas.

⁷⁴ Pe Francisco da Costa in Luis de Albuquerque, *Dois obras inéditas do Padre Francisco da Costa*, 2ª ed., [S.l.], Fundação Oriente e Museu e Centro de Estudos Marítimos de Macau, 1989 [1596], p. 116.

*nenhum engano...convém a saber os que a carta necessariamente faz por ser plana...*⁷⁵

*“...o globo geográfico é o retrato natural do Mundo, ..., não se pode fazer semelhante descrição na carta plana de marear...”*⁷⁶

*“Posto que a carta de navegar está feita em plano, haveis de considerar que navegais por redondo.”*⁷⁷

A designação de “carta de marear de graus [de meridiano] iguais e meridianos paralelos” está intrinsecamente relacionada com as características técnicas da sua construção. Normalmente era omitida nesta designação que os graus iguais eram os do Meridiano graduado. Todavia, em 1681 Serrão Pimentel indica-o explicitamente:

*“...o erro da dita carta plana de marear de graus do Meridiano iguais e rumos paralelos...”*⁷⁸

Por outro lado, a utilização da designação “cartas de marear de graus do meridiano iguais” permite distinguir-se claramente de outro tipo de cartas de marear, as cartas reduzidas, cujos graus do meridiano são desiguais (a dimensão do grau de latitude é representada com uma dimensão cada vez maior à medida que aumenta a latitude).

A designação de “carta de altura ou de navegação astronómica” realça o facto de a principal diferença entre este tipo de cartas e as rumadas ser a utilização da latitude, graduada na carta e calculada pelos navegadores através da observação das alturas astronómicas dos astros, na elaboração das cartas e na condução da navegação.

A designação de “carta híbrida”⁷⁹ está associada ao facto deste tipo de cartas resultar da fusão de dois conceitos distintos de posicionamento na sua construção: relativo - o uso de rumos e distâncias para determinação da localização de objetos; e absoluto - o uso da latitude.

⁷⁵ Pedro Nunes, «Tratado em Defensam da Carta de Marear», in: Esteves, F. M. *Revista de engenharia Militar*, [S.l.], [s.n.], vol. 16 e 17, 1911 e 1912 [1537], p. 287.

⁷⁶ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 112.

⁷⁷ Mariz Carneiro, *Regimento de pilotos, e roteiro das navegaçoens da India Oriental*, Lisboa, Lourenço de Anveres, 1625, p. 21.

⁷⁸ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 111.

⁷⁹ O termo exato usado por alguns investigadores é “modelo híbrido”.

Enquanto a designação carta de altura apenas reflete a parte astronómica da carta enquanto diferente da carta rumada, a designação híbrida contempla os dois conceitos utilizados.

Sistema de referência

Tal como a carta rumada, não se poderá dizer que a carta de alturas é construída com base numa qualquer projeção cartográfica. O desenho da linha de costa continua a ser baseado nas relações de azimute e distância loxodrómica entre dois pontos, mas acrescida de uma correção por forma a garantir a correta marcação em latitude de cada local conspícuo. Se, tal como anteriormente demonstrado para as cartas rumadas, se verificam inconformidades quando se transpõem diretamente para um sistema de referência cartesiano as medidas e rumos loxodróxicos, quando a esta “técnica” se acrescenta a correção da posição de um dado local com base na sua latitude, maiores serão os problemas de coerência geográfica. Todavia, face ao tipo de missões que os navios portugueses tinham neste período, com navegações que implicavam uma grande deslocação no sentido norte-sul (p.e. para rondar por sul o continente Africano), era muito mais relevante que a posição da linha de costa refletisse a sua real latitude do que a coerência de rumo/distância entre dois quaisquer pontos. Os maiores problemas poderiam surgir quando a missão implicava pernadas de navegação na direção oeste-este (em qualquer dos sentidos), onde a distância entre locais era um fator mais relevante que a sua diferença de latitude (p.e. missões do continente para o Brasil ou da costa oriental Africana para a Índia).

Elementos gráficos

Meridiano graduado

A grande evolução das cartas rumadas para as cartas de alturas foi a possibilidade de utilizar a informação da latitude do lugar, obtida através de observações astronómicas. Para tal, as cartas de marear passaram a contar com um meridiano graduado. Os graus deste meridiano eram todos representados com a mesma dimensão. A carta de marear Portuguesa mais antiga conhecida e que inclui um meridiano graduado foi produzida por Pedro Reinel e está datada como sendo de 1504⁸⁰. Na realidade, esta carta não tem apenas um meridiano graduado. Na zona da Terra Nova encontra-se um segundo troço de meridiano graduado, todavia, inclinado.

⁸⁰ O planisfério de Cantino datado de 1502 não tem um meridiano graduado, mas já apresenta coerência significativa entre as latitudes dos lugares ao longo da linha de costa ocidental africana.

Este segundo troço apenas aparece representado num conjunto muito limitado de cartas, sendo alvo de análise no quarto capítulo desta dissertação.



figura 19 - Carta de marear portuguesa mais antiga conhecida com meridiano graduado⁸¹

Múltiplos troncos de léguas

As cartas rumadas apresentavam um tronco de léguas como referência para a medição de distâncias. Eventualmente poderiam ter mais do que um, mas todos os troncos tinham a mesma dimensão e escala. Uma vez que as cartas de alturas surgiram na sequência das navegações oceânicas a grandes distâncias, a escala única de medições de distâncias passou a ser desajustada para medições em grandes latitudes. O método de construção destas cartas e a grande área a cobrir implicou a existência de crescentes problemas de coerência posicional. Assim, a solução encontrada para se marcarem distâncias entre locais de igual latitude, o mais fiáveis possíveis, passou pela inclusão de vários troncos de léguas para diferentes zonas de latitude, e troncos de léguas inclinados para uso sobre rumos oblíquos:

⁸¹ Pedro Reinel, 1504, Bayerische Staatsbibliothek, Munich, disponível em linha em <https://tinyurl.com/l1xx9gc> em 27/03/2017.

*“...como também as distâncias mais aprovadas por frequentes experiências, pois muitas daquelas pendem das fantasias, enquanto se não descobre o modo certo da navegação de Leste a Oeste, e assim foram postas nas cartas o Meridiano bem graduado, bem ajustados **os troncos de léguas**, assim o **geral da carta, como os particulares, para quando se carteia Leste Oeste em diversas alturas [latitudes], como também pelos rumos oblíquos...**”⁸²*

Equador e trópicos

Para além do meridiano graduado, a navegação oceânica a longa distâncias em direção a sul levou à inclusão nas cartas de marear da linha do equador e dos trópicos (sensivelmente a 23,5° norte e sul). Estas linhas eram desenhadas a tinta vermelha.

Carteação

A carteação nas cartas de alturas foi sofrendo diversas inovações ao longo do tempo. Tal como nas cartas rumadas, conjugando o rumo indicado pela agulha com a distância navegada estimada pelo piloto marcava-se o **ponto de fantasia**⁸³. Tendo-se a possibilidade de, através de observações astronómicas, se calcular a latitude do lugar, e estando introduzido nas cartas de altura um meridiano graduado, os pilotos passaram a conjugar o rumo indicado pela agulha com a altura [latitude] do lugar passando a marcar o designado **ponto de esquadria**.

A linha de posição que inspirava menor confiança era a distância estimada (conjetura ou fantasia) pelo piloto no seu deslocamento entre duas posições. A linha de posição do rumo era determinada pela agulha magnética, pelo que era razoavelmente credível. Todavia as observações da agulha poderiam ser afetadas da declinação magnética (fenómeno já conhecido no século XV e designado por nordestear ou noroestear da agulha – conforme a declinação fosse para Leste ou Oeste) e do abatimento do navio⁸⁴. Portanto, a agulha magnética não indicaria necessariamente o rumo verdadeiramente seguido pelo navio, mas apenas a proa do navio durante a navegação. A linha de posição mais credível era a altura (latitude do lugar), mas para que pudesse ser determinada era necessário visualizar o Sol e/ou as estrelas, o que seria impossível em dias nublados.

⁸² Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 96.

⁸³ Ponto é a designação náutica para a marcação da posição do navegante numa carta náutica.

⁸⁴ Deslocação lateral do navio por efeito do vento e da corrente oceânica.

Assim, apesar de pouco fiável, a estimativa do piloto da distância navegada continuou a ser usada na carteação sobre a carta de alturas. Surgiram técnicas de conjugação do ponto de estimativa com o ponto de esquadria, designadas por “emendas”, para uma determinação mais provável da localização do navio na carta. As regras para as emendas e mesmo para a marcação do ponto de esquadria foram-se alterando com a crescente preocupação no rigor do uso da carta e com o conhecimento das suas limitações ou defeitos. As emendas do ponto de fantasia para o ponto de esquadria faziam-se dependendo da maior ou menor abertura do rumo em relação às duas principais direções (norte-sul e leste-oeste). Nas navegações sobre a direção norte-sul o ponto de esquadria prevalecia e não era conjugado com o de fantasia. Nas navegações sobre a direção leste-oeste o ponto de fantasia prevalecia uma vez que a linha de posição da altura, sendo sensivelmente alinhada com o rumo, não teria uso prático na determinação da distância navegada. Para facilitar as descrições relacionadas com as direções, nos compêndios de navegação foi adotada uma nomenclatura expedita para as diferentes direções da rosa dos ventos. O norte e o sul não teriam uma designação diferente, mas a partir destes rumos, para um lado e outro numeraram-se as diferentes quartas até 8 (ver figura 20).

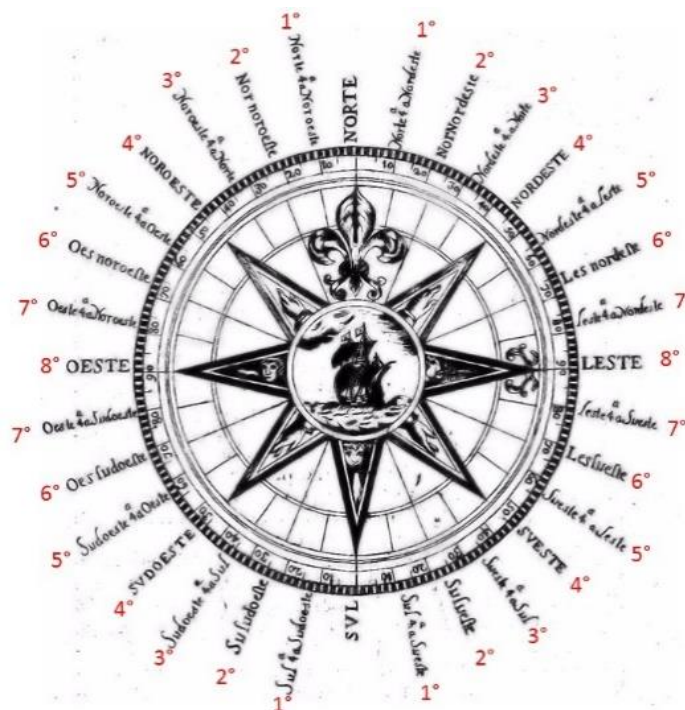


figura 20 - Numeração das principais direções da rosa dos ventos⁸⁵

⁸⁵ Adaptado de Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 10.

A figura 21 mostra a técnica indicada por Serrão Pimentel em 1681 para a marcação do ponto de esquadria. Nesta figura simula-se a marcação do ponto de fantasia sobre o rumo 1, partindo do ponto A e estimando o número de léguas navegadas, permitindo marcar o ponto de fantasia F (38°N). Todavia, neste exemplo, a observação da altura indica que o navio se encontra nos 39° de latitude norte. De acordo com as primeiras definições do ponto de esquadria, este deveria ser marcado em J (prolongamento da linha de rumo até se atingir a linha de altura observada). Todavia, Serrão Pimentel indica que o ponto de esquadria corrigido deve resultar de um acerto em longitude que corresponde, no caso do 1° rumo (1ª quarta a contar do norte ou sul), a 1/8 da distância entre a vertical do ponto de fantasia na altura observada e o referido ponto J, marcando-se assim o ponto E como sendo o de esquadria. A mesma figura mostra um segundo exemplo para o rumo 3, estando marcados os pontos F1 (fantasia), J1 (antiga versão do ponto de esquadria), G1 (vertical do ponto de fantasia sobre a linha de altura observada) e E1 (ponto de esquadria). Uma vez que neste caso o rumo é o 3°, a distância de correção do ponto de esquadria é equivalente a 3/8 da distancia entre J1 e G1 (a partir de J1).

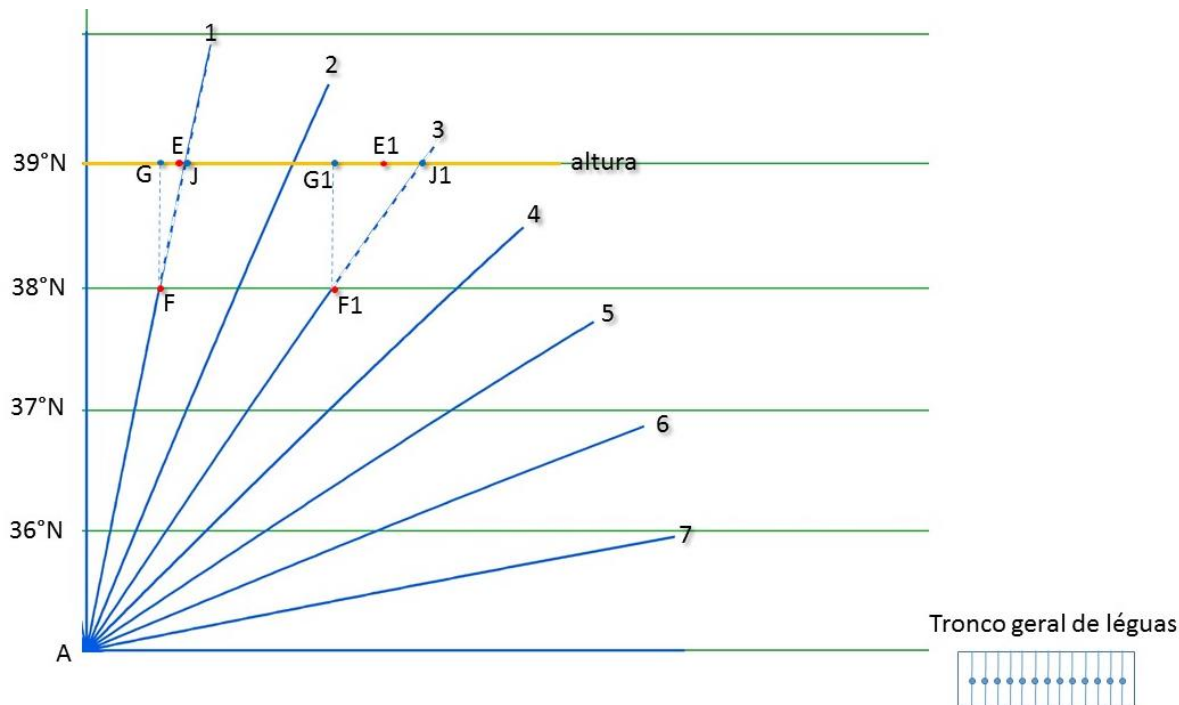


figura 21 - Marcação dos pontos de fantasia e esquadria (F e E)⁸⁶

⁸⁶ Interpretação da descrição de Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, pp. 108-112.

Ainda em 1681, Serrão Pimentel⁸⁷ indica que o ponto de esquadria deveria ser alvo de uma outra correção, dando lugar ao **ponto respetivo**. O ponto respetivo corrigiria o ponto de esquadria do erro de distâncias que se comete quando se fazem medições com base no tronco geral de léguas, ao invés do tronco de léguas ajustado para a latitude de trabalho, quando esta é superior a 20° norte ou sul.

*“Os pontos que comumente se usam são dois devendo ser três. O primeiro que chamam de fantasia. O segundo de esquadria, mas deve haver outro terceiro ponto, **a que dei o nome respetivo**, por respeito que por ele se emenda o erro da dita carta plana de marear...ficam muito errados os pontos na carta no que toca às distâncias de Leste-Oeste...”⁸⁸*

A figura 22 mostra os dois exemplos de carteação da figura 21, acrescidos da marcação do ponto respetivo (R e R1). Este acerto final na carteação de um ponto utiliza um tronco de léguas específico (léguas medidas no paralelo dos 40°N) para calibrar a distância horizontal entre a vertical do ponto A nos 39° até E/E1 (léguas medidas no tronco geral), dando lugar ao referido ponto R/R1 (respetivo).

⁸⁷ Luís Serrão Pimentel faleceu em 1679, mas o seu compêndio só seria editado 2 anos depois.

⁸⁸ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 97.

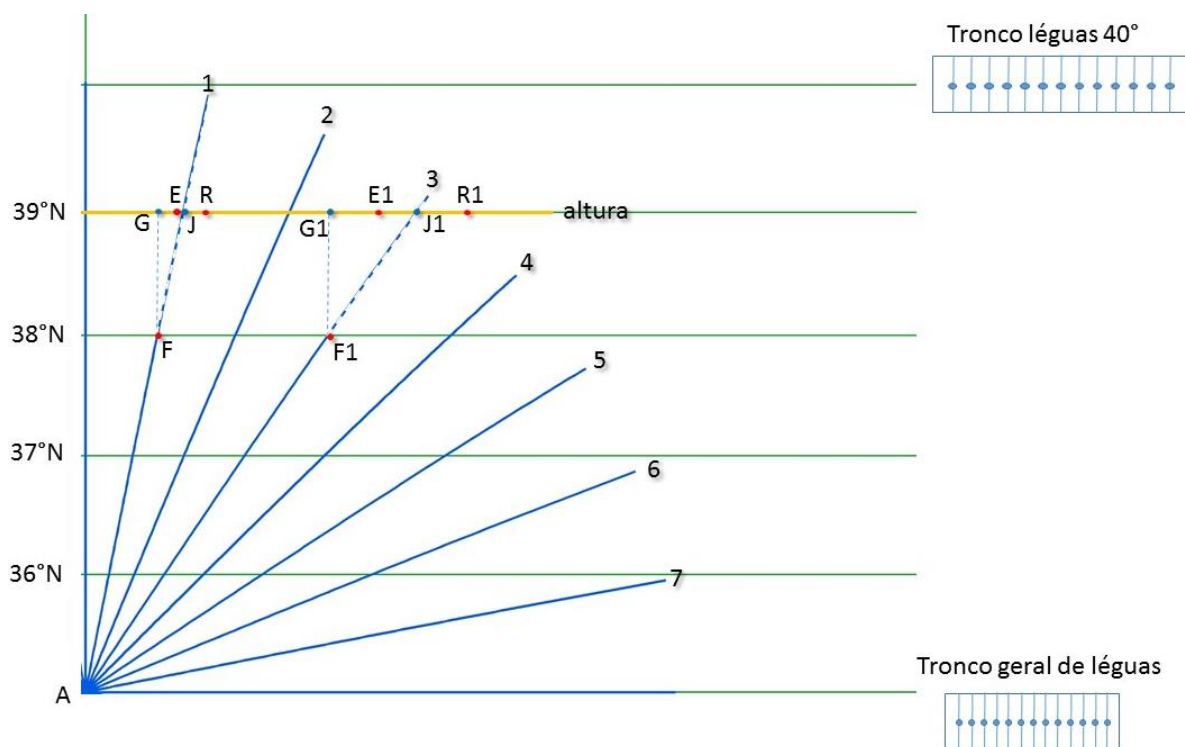


figura 22 - Marcação dos pontos de fantasia, esquadria e respetivo (F, E e R / F1, E1 e R1)⁸⁹

Esta técnica de marcação do ponto de esquadria seguida do ponto respetivo só foi enunciada pelo Padre António Carvalho da Costa em 1677⁹⁰ e por Serrão Pimentel em 1681. Manuel Pimentel, filho de Serrão Pimentel, e que lhe sucedeu oficialmente no cargo de Cosmógrafo-Mor do Reino, na atualização do compêndio “A Arte de Navegar e Regimento de Pilotos” em 1699 redefiniu a metodologia de marcação do ponto de esquadria e abandonou a marcação do ponto respetivo. A figura 23 ilustra a versão de Manuel Pimentel para a marcação do ponto de esquadria. Esta marcação dependia da direção do rumo a que se navegava. Para rumos norte-sul, 1° e 2° o ponto de esquadria (E) marcava-se de acordo com a técnica inicial: prolongava-se ou encurtava-se a linha de rumo até esta encontrar a linha de altura [latitude] observada. Nos rumos leste-oeste apenas se marcava o ponto de fantasia. Nos rumos 6° e 7°, após a marcação do ponto de fantasia, marcava-se uma linha paralela ao rumo norte-sul e onde esta encontrasse a altura observada ficava o ponto de esquadria (E1). Para os rumos intermédios 3°, 4° e 5°, a partir do ponto de fantasia prolongava-se a linha de rumo e marcava-

⁸⁹ Interpretação da descrição de Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, pp. 108-113.

⁹⁰ António Carvalho da Costa, *Via Astronómica, Segunda Parte*, Lisboa, Antonio Craesbeeck, 1677, p. 23.

se uma linha norte-sul até encontrarem a linha de altura observada. A meia distância entre os dois pontos obtidos sobre a linha de altura passava a ser o ponto de esquadria (E2).

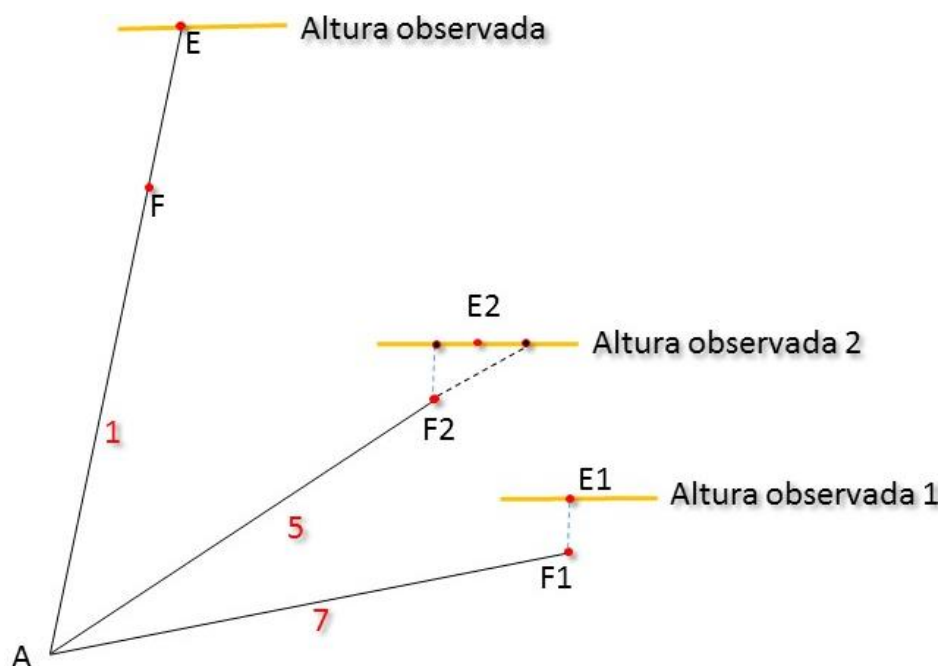


figura 23 - Marcação do ponto de esquadria segundo Manuel Pimentel para rumos 1°, 5° e 7°⁹¹

Nenhuma das técnicas descritas por Serrão Pimentel e Manuel Pimentel para encontrar o ponto de esquadria coincide com as descrições de Fontoura da Costa na sua “Marinharia dos Descobrimientos”⁹², para a qual não indicou uma referência coeva.

Principais desafios

Todas as descrições da carta de alturas incluídas nos compêndios da arte de navegar e no icónico tratado em defesa da carta de marear de Pedro Nunes, referem problemas de coerência posicional, principalmente no que se refere à medição de distâncias entre locais. Tratam-se de deformações próprias associadas ao facto de os meridianos [implícitos] na carta de alturas não convergirem para os polos, como na realidade.

Todavia, nessas referências são explicadas as razões para esses problemas e descrita a forma de como a carta deve ser corretamente usada. Naturalmente que estas explicações seriam

⁹¹ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, pp. 73-74.

⁹² Fontoura da Costa, *A marinharia dos Descobrimentos*, 3ª ed., Lisboa, Agência Geral do Ultramar, 1960, pp. 396-397.

perceptíveis aos pilotos mais instruídos, mas dificilmente seriam compreendidas pela generalidade dos seus utilizadores.

Em 1537 Pedro Nunes explica que as deformações da carta são irrelevantes para o navegador desde que o seu uso seja consciente das correções a fazer:

“...a carta não é planisfério que nos faça a vista aquela imagem e semelhança do mundo que nos fazem os de Ptolomeu...o que releva a quem navega para saber o que andou ou onde está que uma ilha ou terra firme está pintada na carta mais larga do que é [?] [as deformações em área não relevam para o navegador] se os graus forem tantos de leste a oeste porque a mim que faço a conta me fica resguardado saber que estes graus são na verdade menores [os graus dos paralelos ficam com dimensões menores à medida que a latitude aumenta] do que a carta por ser quadrada mostra e ver quanto menos léguas contém e isto por tábuas de números ou instrumento como é o quadrante...”⁹³

Em 1681 Serrão Pimentel explica as deformações em distância, particularmente em latitudes superiores a 20°, se os pilotos usarem a grelha geográfica em vez dos troncos de léguas, mais uma vez por razão da não convergência dos meridianos. Atendendo a que nem todos os pilotos teriam conhecimentos matemáticos para fazer os cálculos necessários, as cartas passaram a contar com vários troncos de léguas, adequados a diversas latitudes:

“ficam muito errados os pontos na carta no que toca às distâncias Leste Oeste...se não usarem do ponto respetivo [correção ao ponto de esquadria] os há de a carta enganar, particularmente quando cartearem de 20 graus para cima assim da banda do Norte como do Sul...rumos de Norte Sul na carta vão paralelos, e tanta distância há na carta entre quaisquer dois Meridianos medida pela Equinocial, como por qualquer outro paralelo, o que é contra a verdade...Porém como isto se não explicava suficientemente no Regimento, e além disso era necessário

⁹³ Pedro Nunes, «Tratado em Defensam da Carta de Marear», in: Esteves, F. M. *Revista de engenharia Militar*, [S.l.], [s.n.], vol. 16 e 17, 1911 e 1912 [1537], p. 242.

*fazer a conta, de que **muitos homens do mar não são capazes por não saberem aritmética, tratarei de o dispor em vários troncos para as diversas alturas fundados nas ditas tábuas.***⁹⁴

Em 1712 Manuel Pimentel dedica um capítulo à explicação sobre a “*Imperfeição das Cartas de marear de graus iguais*”. Neste capítulo, para além de descrever o problema da não convergência de meridianos na carta, também identifica problemas no uso dos troncos de léguas na sua construção.

*“A carta plana de marear de graus iguais e meridianos paralelos...tem seus defeitos, que resultam necessariamente da fábrica da mesma Carta...**as distâncias entre quaisquer dois meridianos, são na Carta maiores do que no globo terrestre...o que é contra a verdade.***

*Este erro da Carta pretendem emendar os Autores da navegação com vários troncos ou petipés de léguas, cada um para a sua altura, **as quais léguas vão sendo maiores quanto maior é a altura...**Por este modo não há dúvida que ficava emendado o erro, mas era necessário que assim como os Meridianos estão mais afastados entre si na Carta que no globo, **também as terras estivessem mais afastadas entre si, situando-se não pelas léguas do tronco geral que mostra a verdadeira distância, mas por léguas maiores** [a representação das léguas seria maior com o aumento da latitude pelo que as léguas de altas latitudes eram designadas por léguas grandes ou maiores] .”⁹⁵*

Em suma, os diversos cosmógrafos do reino advertiram os pilotos, nos seus compêndios e tratados, para as deformações inerentes ao processo de produção das cartas de alturas e o modo como deviam cartear. Naturalmente nem todos teriam a capacidade de ler os escritos e/ou de compreender o que estava em causa nas suas explicações.

⁹⁴ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, pp. 111-112.

⁹⁵ Manuel Pimentel, *Arte de navegar & roteiro das viagens, e costas marítimas de Guiné, Angola, Brasil, Índias, & Ilhas Occidentaes, & Orientaes*, Lisboa, Deslandesiana, 1712, p. 87.

Carta plana quadrada - uma variante da carta de altura

A designação de “carta plana quadrada” ou “carta quadrada” associada às cartas de altura tem sido alvo de grande controvérsia. Esta surgiu pelo facto de algumas destas cartas terem o paralelo do equador graduado de forma idêntica ao do meridiano representado, o que levou diversos autores a investigarem sobre o uso de uma eventual projeção cartográfica na sua construção.

Em 1939, António Barbosa referiu, por exemplo, os escritos de Luciano Pereira da Silva, Hermann Wagner, Francisco Gomes Teixeira, Armando Cortesão e Fontoura da Costa que consideram como hipótese estas cartas utilizarem a projeção de Marino de Tiro, uma projeção cilíndrica equidistante ou uma projeção tipo “plane carré”/”plate carrée” (plano quadrado, que é uma projeção equi-retangular)⁹⁶. O termo “carta plana quadrada” é contemporâneo e não é usado *ipsis verbis* em nenhuma fonte coeva consultada.

Considera-se que as descrições em fontes coevas relativas à produção das cartas de alturas ordinárias são suficientemente claras para que não possam ser classificadas como “cartas planas quadradas” no âmbito da sua eventual projeção cartográfica. No que se refere à linha de costa, são cartas produzidas com base em medições loxodrómicas (rumos e distâncias sobre o globo) marcadas sobre um referencial cartesiano (em léguas) e com posições ajustadas à latitude correspondente em cada local. Estas características da carta eliminam logo à partida que se esteja perante uma qualquer projeção cartográfica matemática ou geométrica. Naturalmente, algumas projeções cartográficas poderão ter características que se adaptem parcialmente às cartas de alturas, mas não em toda a sua extensão.

Numa análise primária das suas características, não se considera que as “cartas planas quadradas” sejam um tipo de carta que justifique uma classificação independente da carta de alturas uma vez que representará uma simples variante, por acréscimo de um item meramente gráfico, como adiante se verá.

A primeira utilização da palavra “quadrada” na descrição da carta de marear é de Pedro Nunes, e fá-lo explicando o seu sentido. Refere que a carta de alturas é quadrada na sua

⁹⁶ António Barbosa, *Novos subsídios para a história da ciência náutica portuguesa da época dos descobrimentos*, I Congresso da História da Expansão Portuguesa no Mundo, Sociedade Nacional de Tipografia, Lisboa, 1939, pp. 109-112.

disposição geral, não na projeção, por ter meridianos e paralelos retos, com iguais extensões e perpendiculares entre si:

*“...saber que estes graus [dos paralelos em diferentes latitudes] são na verdade menores que a **carta por ser quadrada** amostra e ver quanto menos léguas contêm, e isto por tábuas de números ou instrumentos...mais proveito temos da carta por serem os rumos linhas direitas equidistantes que prejuízo porque sendo assim **fique quadrada**”⁹⁷*

Com base nesta descrição de Pedro Nunes e na própria descrição da carta de alturas, alguns autores intentaram identificar uma projeção cartográfica que fosse usada nestas cartas de marear. Pelo facto do equador surgir graduado de igual forma ao meridiano de referência (figura 24), naturalmente se começou a advogar a utilização de uma projeção do tipo Plate Carrée (plana quadrada).



figura 24 - Carta de alturas com a linha do equador graduada - "carta plana quadrada"⁹⁸

⁹⁷ Pedro Nunes, «Tratado em Defensam da Carta de Marear», in: Esteves, F. M. *Revista de engenharia Militar*, [S.l.], [s.n.], vol. 16 e 17, 1911 e 1912 [1537], p. 242.

⁹⁸ Anónima, carta portuguesa do oceano Atlântico, 1619, Yale University, disponível em linha em <http://brbl-dl.library.yale.edu/vufind/Record/4226874> em 21/03/2017.

Todavia, em 1938, António Barbosa fez uma investigação e análise profunda sobre as origens da sua descrição e sobre as suas características técnicas⁹⁹. A sua opinião é clara e objetiva: a “carta plana quadrada” não existiu e as referências que lhe foram feitas decorrem de más interpretações dos investigadores. Posteriormente, em 1986, Luís de Albuquerque mostra o seu apoio a esta tese¹⁰⁰. Finalmente, em 2007, Alves Gaspar analisa e opina de forma assertiva sobre a existência deste tipo de carta para o propósito da navegação, designando-a como um mito¹⁰¹.

Na sua essência a questão levantada relativamente à carta plana quadrada reparte-se em duas correntes de opinião:

- a) A carta plana quadrada utiliza uma projeção cartográfica em que os graus de latitude e de longitude apresentam a mesma dimensão em todo o espaço geográfico (i.e. projeção tipo Plate Carrée);
- b) A carta plana quadrada nunca poderia ter os graus de latitude e longitude de iguais dimensões uma vez que perderia qualquer interesse para efeitos do seu uso na navegação marítima;

Nesta dissertação defende-se uma terceira hipótese cujo efeito prático se alinha com a hipótese b) mas que se distingue nas razões e nas consequências:

- c) A carta plana quadrada é simplesmente uma carta de alturas ordinária cujo paralelo do equador está **artificialmente** graduado de forma idêntica ao meridiano (nas cartas de alturas ordinárias o equador era marcado, mas não era graduado), mas a grelha geográfica resultante deste processo não é usada, na parte das longitudes, no processo de cartação porque não foi usada na sua construção nem está com ela diretamente relacionada.

Todavia, há que ter em atenção que é perfeitamente aceitável graduar nestas cartas o equador em graus iguais ao meridiano uma vez que ambos são círculos máximos e, neste caso

⁹⁹ António Barbosa, *Origem e Evolução da Cartografia náutica portuguesa na Época dos Descobrimentos*, sep. de revista *OCIDENTE*, nº 8 - vol. III, de dezembro de 1938, Lisboa, Editorial Império, 1938.

¹⁰⁰ Luís de Albuquerque, «A cartografia portuguesa dos séculos XV a XVII», in: *História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal*, Lisboa, Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa, vol. II, 1986, p. 1079.

¹⁰¹ Joaquim Alves Gaspar, «The Myth of the Square Chart», *e-Perimetron*, vol. 2, n. 2, 2007, p. 66-79.

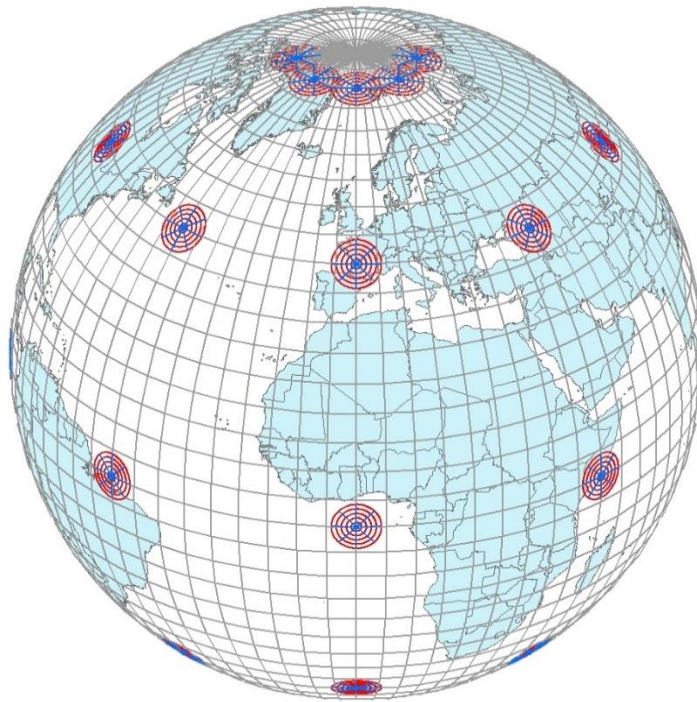
particular não extensível a qualquer outro paralelo, o arco dos seus graus terão praticamente a mesma dimensão real em léguas¹⁰². Todavia, os cosmógrafos do reino explicaram em todas as suas publicações que os meridianos das cartas de altura só podiam ser usados para marcar os rumos. Qualquer outra utilização, como seja a marcação de distâncias, implicava um processo de cálculo em léguas e ajuste em cada local. O facto de o equador aparecer graduado em algumas destas cartas veio exacerbar a percepção das inconsistências com a longitude. Todavia, reitera-se a ideia que a grelha “geográfica” implícita é meramente artificial e não tem correspondência nem surge do uso de qualquer projeção cartográfica.

Para avaliar o mérito das duas correntes de opinião podemos confrontar as necessidades cartográficas da navegação com as características da referida projeção. Esta confrontação pode ser realizada de uma forma relativamente simples utilizando formas pré-definidas e representando-as de acordo com as projeções cartográficas a testar ¹⁰³. Tal como anteriormente indicado, para o navegador a carta náutica deverá permitir a marcação expedita de rumos (linhas retas) que sejam facilmente operacionalizados (p.e. navegação a rumo constante com base em instrumentação existente – agulha magnética).

A figura 25 mostra o globo terrestre em perspetiva sobre o qual estão desenhados conjuntos de círculos concêntricos com 8 raios cada. A análise da representação do globo com estas figuras utilizando projeções cartográficas permite avaliar a sua aplicabilidade para efeitos da navegação marítima. Essencialmente, se uma projeção cartográfica representar os meridianos como linhas retas e paralelas entre si, permite que os rumos sejam igualmente marcados como linhas retas. Se os raios marcados nos círculos concêntricos se projetarem como linhas retas e mantiverem a abertura angular de 45° entre si, então os rumos medidos na carta são iguais aos rumos verdadeiros (i.e. a projeção é conforme), que é um dos requisitos da navegação marítima.

¹⁰² Diz-se praticamente porque na realidade a Terra não é esférica e o arco dos graus do equador é ligeiramente maior que o arco dos graus dos meridianos.

¹⁰³ Joaquim Alves Gaspar já o fez em 2007 no seu “*The myth of the square chart*”.



S

figura 25 - Vista em perspectiva da Terra com modelo de círculos e rumos sobrepostos

A figura 26 mostra o globo apresentado na figura 25 utilizando a projeção de Mercator. Esta projeção é conhecida por corresponder às necessidades práticas da navegação marítima. Como se pode verificar na imagem da direita, os círculos centrados nos 50° norte são representados com maior dimensão que os que se encontram sobre o equador [deformação em área], mas os rumos marcados nos círculos concêntricos mantêm-se como linhas retas e mantêm igualmente a sua abertura angular de 45°. Apenas quando nos aproximamos da zona polar (80° norte ou sul) se observam alterações à forma circular dos círculos e aos referidos raios. Nesta zona alguns dos raios são representados por linhas curvas e o seu espaçamento angular já não é regular nem igual a 45°. Ou seja, esta projeção serve os propósitos da navegação em todo o espaço geográfico exceto em latitudes elevadas.

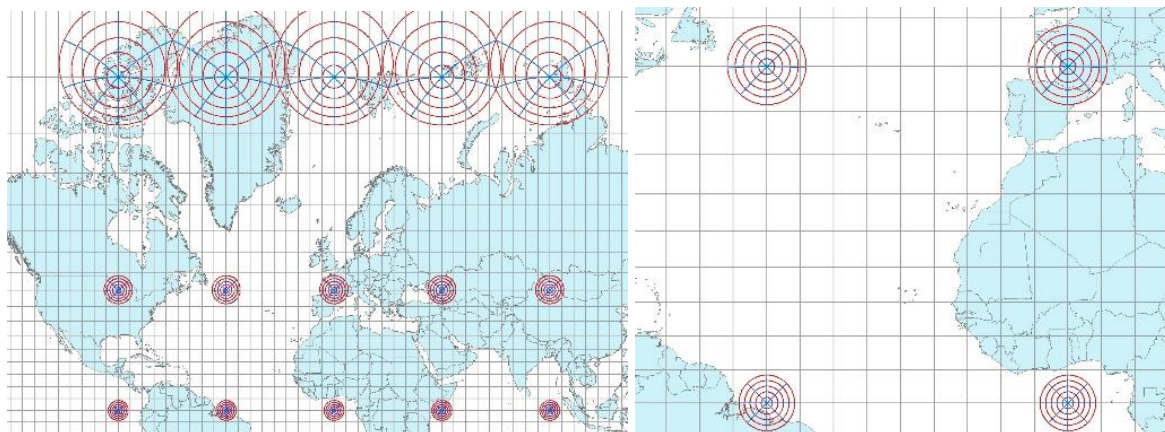


figura 26 - Modelo de círculos e rumos na projeção de Mercator

A figura 27 mostra o globo apresentado na figura 25 utilizando a projeção Plate Carrée. Na zona equatorial os círculos e os raios apresentam-se semelhantes ao da projeção de Mercator. Todavia, os círculos centrados nos 50° norte apresentam um achatamento e, conseqüentemente, um encurvamento e uma alteração do espaçamento angular entre os raios. Este problema acentua-se com o aumento da latitude. Assim, podemos concluir que este tipo de projeção é adequado para efeitos da navegação nas proximidades da zona equatorial (onde na realidade o grau de longitude tem uma dimensão física semelhante ao grau de latitude), mas não serve os propósitos da navegação em latitudes superiores a 10°/15° porque, em determinadas direções, os rumos marcados na carta não têm uma correspondência verdadeira com os rumos medidos e praticados pelos navios. A sua utilização induziria frequentemente o navegador em erro.

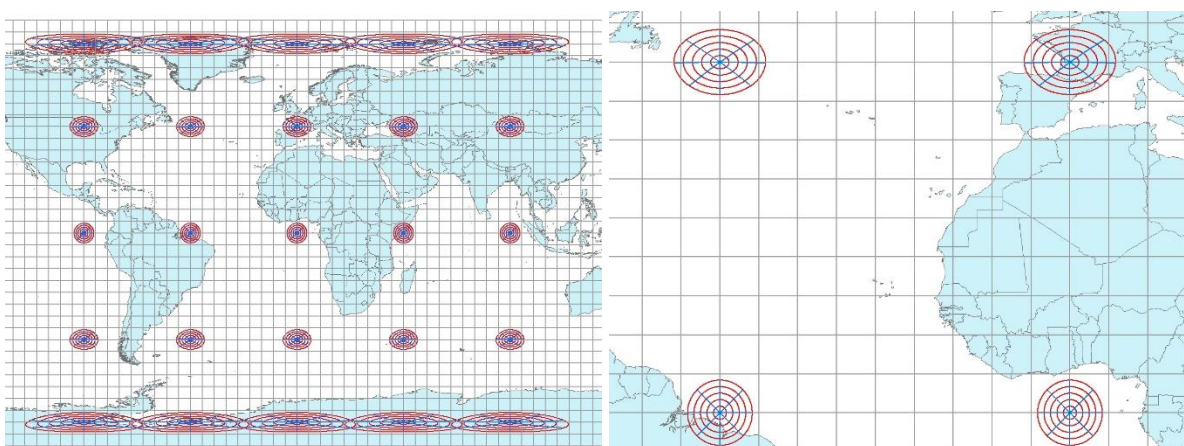


figura 27 - Modelo de círculos e rumos na projeção Plate Carrée

Portanto a análise técnica à hipótese levantada que a carta plana quadrada seria construída com base numa grelha geográfica regular, não se afigura válida. Eventualmente seria

praticável utilizar uma carta com essas características na zona equatorial, mas não se conhecem cartas de marear que se foquem apenas nessa região, até porque o interesse de Portugal a partir do século XV implicou a navegação por derrotas com grande variação em latitude, ultrapassando largamente a zona equatorial.

A confrontação das características das projeções com as necessidades da navegação leva-nos a rejeitar a existência da carta plana quadrada de graus de longitude e latitude iguais (para a produção da linha de costa e respetiva carteação), mas a rejeição feita resulta apenas de uma questão lógica. Esta conclusão não explica a razão pela qual o equador surgiu graduado em algumas cartas. E aqui socorremo-nos da herança deixada pelos cosmógrafos-mores do Reino para perceber melhor o que na realidade representa o equador graduado nestas cartas.

Em 1699 Manuel Pimentel descreveu de forma clara a existência de dois tipos de cartas de alturas. Num dos tipos, a que chamou carta Portuguesa ordinária, a linha de costa é desenhada por derrotas e alturas (carta de alturas). No segundo tipo de cartas mencionado, a construção da carta baseia-se na latitude e longitude dos lugares. Esta indicação parece apontar para a existência da referida carta plana quadrada. Todavia esclarece que as latitudes (alturas) são as observadas enquanto as longitudes se baseiam no que se tem por “experiência”. Para tal, nestas cartas gradua-se o equador em graus iguais ao do meridiano.

“Fazem-se estas Cartas, ou por derrotas, e alturas, pondo-se as terras nas suas alturas do Polo, e nos rumos a que se correm com outras terras. E deste modo são as Cartas Portuguesas ordinárias, de que o Infante D. Henrique foi inventor.

Ou se fazem por Longitudes, e Latitudes, pondo-se as terras nas suas alturas verdadeiras, e nas Longitudes que se tem achado por experiencia para cujo efeito se gradua a Linha Equinocial em graus iguais aos do Meridiano, o que se não faz nas Portuguesas, porque no uso ordinário das Portuguesas é inútil esta graduação da Linha. Porém se nelas se graduar a Linha [equatorial], poderão ter o mesmo uso que as outras.”¹⁰⁴

¹⁰⁴ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 69.

Na versão de 1712 da Arte prática de navegar, Manuel Pimentel descreve um pouco melhor alguns aspetos da carta de alturas nas suas duas variantes. Relativamente à carta dita Portuguesa acrescenta a parte do texto anterior que diz que a linha equinocial não se gradua porque no seu uso ordinário de nada serviria esta graduação.

Relativamente à variante em que se gradua o equador, justifica esta graduação pela existência de algumas vantagens:

*“E ainda que **as Longitudes que resultam desta fabrica sejam impróprias, porque estando dois lugares na Carta em suas verdadeiras distâncias, não podem estar nas verdadeiras Longitudes, salvo junto da Linha [equatorial], ou debaixo do mesmo Meridiano, contudo graduada a Carta nesta forma, é mais fácil de examinar a sua certeza, e mais fácil de assinalar nela o ponto em que a Nau se acha, como adiante se explicará.**”¹⁰⁵*

Desta explicação fica a ideia que a graduação da longitude é absolutamente artificial e não sustenta a construção da carta. Apenas em determinados locais, existirá compatibilidade entre a carteação por rumos/distâncias e alturas com a carteação por latitude e longitude. Essa compatibilidade existia na zona equatorial, onde a representação loxodrómica sobre um referencial cartesiano tendo a légua como unidade base será coincidente com a representação da mesma loxodromia sobre um referencial cartesiano tendo o grau [de latitude ou longitude] como unidade base.

A confirmação da artificialidade da graduação da longitude é feita ainda por Manuel Pimentel na mesma edição. A grande vantagem explicitada relativamente à graduação do equador está no facto de que é muito mais fácil indicar a posição de um navio pelo conjunto da latitude e longitude do que através da indicação da latitude e distância/azimute a uma qualquer conhecida. Particularmente, a grelha implícita de latitude/longitude permitia que o registo da posição do navio no diário de navegação fosse claro e facilmente reproduzível. Igualmente seria fácil de transmitir posições de terceiros ou intenções futuras usando este “código” de latitudes/longitudes.

¹⁰⁵ *Idem*, 1712, p. 68.

“...carteia-se nesta Carta pelo mesmo modo ordinário atrás explicado [altura, rumo e distância estimada], e depois de posto o ponto tome-se com o compasso a distância ao Meridiano mais vizinho, e corra-se até à Linha Equinocial da Carta, e a ponta do compasso que saiu do último lugar, mostrará os graus de Longitude segundo o plano, em que estará o navio. E ponha-se no assento [diário de navegação] que ficou em tantos graus de Latitude, tantos de Longitude, e o mesmo se faça em todas as derrotas. Posto que as Longitudes da Carta plana não sejam próprias e rigorosas Longitudes, contudo este modo de cartear tem muitas conveniências; porque primeiramente desejando algum tempo depois saber em que paragem estava o navio tal dia, ou querendo mostrar o lugar do combate com outro navio, ou algum outro sucesso, não é necessário traçar todas as singraduras antecedentes, mas em um instante tomando os graus de Longitude com hum compasso os de Latitude com outro, onde se encontrarem ali será o lugar onde esteve o navio nesse dia. Em segundo lugar logo se vê na Carta quanto o navio fica apartado de qualquer ilha, terra, ou lugar perigoso. Nem é necessário estar todos os dias assinalando os pontos na Carta, e basta fazer declaração no assento.”¹⁰⁶

Este extrato parece deixar poucas dúvidas sobre o facto de na chamada carta plana quadrada se cartear tal como na carta de alturas ordinária (pode-se dizer que conceptualmente a sua construção é exatamente igual) e de que a graduação do equador é artificial, mas muito útil para efeitos de registo da posição dos navios nos diários de navegação. Isto significa, igualmente, que na interpretação das posições geográficas indicadas nos diários de navegação até, pelo menos, ao século XVIII as longitudes registadas não são as verdadeiras. A sua interpretação e conversão para uma posição verdadeira deve ser feita tendo por base a grelha geográfica artificial implícita numa carta plana quadrada.

¹⁰⁶ *Ibidem*, p. 81.

A mesma explicação sobre a não correspondência entre a construção da carta e a grelha geográfica é igualmente apresentada por Manuel de Figueiredo quando explica como se deve cartear sobre a carta de marear:

“As terras que estão lançadas na carta por derrotas de léguas, que a experiência tem mostrado, não estão conforme a ciência geográfica”¹⁰⁷

A ciência geográfica a que se refere é naturalmente o posicionamento de acordo com a latitude e longitude dos lugares.

A carta reduzida

A carta reduzida foi desenvolvida pelo flamengo Mercator em 1569 e posteriormente explicada pelo inglês Wright em 1599. A carta de Mercator viria a revelar-se a resposta adequada a grande parte dos requisitos de planeamento e condução da navegação. Todavia, passaria mais de um século sobre a data da sua invenção até que os seus méritos fossem reconhecidos pelos navegadores e cosmógrafos portugueses. A sua construção não tem qualquer relação com a das cartas-portulano, pelo que não é considerada para análise técnica na presente dissertação¹⁰⁸.

Pelo facto de as cartas reduzidas terem existência contemporânea com as cartas-portulano (rumadas e de alturas) e algumas fontes coevas as descreverem e compararem com as cartas de alturas, aborda-se neste capítulo alguns aspetos relacionados com a sua designação e os seus méritos operacionais.

Designações

O tipo de carta desenvolvido por Mercator é igualmente designado por:

¹⁰⁷ Manuel de Figueiredo, *Hydrographia, Exame de pilotos, no qual se contem as regras que todo piloto deve guardar em suas navegações, assi no sol, variação dagulha, como no cartear, com algu[m]as regras da navegação de Leste, Oeste, com mais aureo numero, epactas, marès &*, [1ed 1608] ed., Lisboa, Vicente Alvarez, 1625, p. 22.

¹⁰⁸ O método inicial de construção das cartas reduzidas foi alvo de inúmeras hipóteses e explicações por diversos autores, nunca totalmente consentâneos entre os investigadores. Recentemente, Joaquim Alves Gaspar e Henrique Leitão apresentaram uma teoria que explica sob diversas vertentes o processo seguido por Mercator na sua construção (Joaquim Alves Gaspar, Henrique Leitão, «Squaring the Circle: How Mercator Constructed His Projection in 1569», *Imago Mundi: The International Journal for the History of Cartography*, vol. 66:1, 2014, pp. 1-24.).

- Carta reduzida¹⁰⁹
- Carta de graus crescidos¹¹⁰
- Carta de latitude(s) crescida(s)¹¹¹

A designação de carta reduzida parece estar associada ao facto destas cartas conseguirem reduzir o mundo com as proporções necessárias para uso da navegação:

*“Porém, nas outras cartas que também referi em que se descrevem grande parte do Mundo, e **tratam de as reduzir à proporção do esférico mediante a desigualdade dos graus de meridiano, a que chamam **cartas reduzidas...****”¹¹²*

As designações de cartas de graus crescidos e cartas de latitudes crescidas está relacionada com o facto dos graus de meridiano se representarem com dimensões maiores à medida que nos aproximamos dos polos:

*“...mas os meridianos, ou aquele que na carta se costuma graduar, se repartem em **graus desiguais cada vez maiores** quanto mais chegado para algum dos polos...E se chamam cartas reduzidas ou de **graus crescidos.**”¹¹³*

*“A carta reduzida, de graus crescidos ou de **latitude crescida** é a mais certa, e ajustada de todas as que se tem inventado...”¹¹⁴*

Méritos

Os principais méritos operacionais da carta de Mercator incluíam a marcação de rumos verdadeiros segundo linhas retas, a marcação de distâncias de uma forma muito mais rigorosa que as cartas rumadas e de alturas em todo o espaço geográfico, ao mesmo tempo que mantinha a coerência entre a grelha geográfica (meridianos e paralelos) e a representação da

¹⁰⁹ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 134.

¹¹⁰ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 70.

¹¹¹ *Ibidem*, p. 92.

¹¹² Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 134.

¹¹³ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 70.

¹¹⁴ *Ibidem*, p. 92.

linha de costa. Esta última qualidade era a que fazia grande diferença, no sentido positivo, relativamente às cartas de alturas.

Pelo menos até ao último quartel do século XVII, as cartas reduzidas foram produzidas e utilizadas em sigilo por Holandeses e Ingleses, embora já fossem conhecidas dos Portugueses:

*“Os **holandeses, e ingleses** usam dois géneros de cartas...Porém nas outras cartas mais gerais assim impressas como as de mão, **que eles guardam em segredo, e todavia temos em nosso poder**, nas quais descrevem os mesmos mares do Norte, ... nas quais **repartem o Meridiano em graus desiguais cada vez maiores quanto mais para Norte, ou para Sul...**”¹¹⁵*

Neste capítulo foram apresentadas e caracterizadas as cartas rumadas e de alturas. No próximo capítulo é apresentada uma análise técnica às cartas rumadas sobre a problemática da torção da representação do Mediterrâneo.

¹¹⁵ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 133.

Capítulo 3 - Análise técnica à linha de costa das cartas rumadas

Desde que se iniciaram estudos modernos sobre a cartografia antiga que vários autores referem a existência nas cartas rumadas de uma torção, entre 8° e 10°¹¹⁶, do mar Mediterrâneo face à sua real orientação geográfica. António Barbosa referiu, em 1948¹¹⁷, que tal se deveria ao facto da declinação magnética na altura de construção das cartas ser diferente da atual, embora não dispusesse de dados científicos que permitissem confirmar essa hipótese¹¹⁸. António Barbosa assume mesmo que a orientação da linha de costa nas cartas-portulano está correta e que a mesma permite inferir o valor da declinação magnética da época através do cálculo da diferença entre os azimutes reais e os azimutes medidos nas cartas-portulano. Esta metodologia de análise enferma do facto de se partir do princípio que as cartas estão corretas e atribuírem-se as diferenças, quaisquer que elas sejam, à declinação magnética. Ou seja, justifica, mas não prova. A figura 28 mostra a sobreposição de uma grelha geográfica (meridianos e paralelos geográficos) sobre uma carta-portulano do século XV. Esta grelha foi gerada através de um processo de geo-referenciamento, sendo claramente visível a referida torção ou inclinação, de cerca de 8° no sentido anti-horário.

¹¹⁶ Joaquim Alves Gaspar, «Blunders, Errors and Entanglements: Scrutinizing the Cantino Planisphere with a Cartometric Eye», *Imago Mundi: The International Journal for the History of Cartography*, vol. 64, part 2, 2012, p. 185.

¹¹⁷ A primeira edição desta referência data de 1939. Todavia, em 1948 António Barbosa publicou uma edição aumentada.

¹¹⁸ António Barbosa, *Novos subsídios para a história da ciência náutica portuguesa da época dos descobrimentos*, Porto, Imprensa Portuguesa, 1948, p. 20.

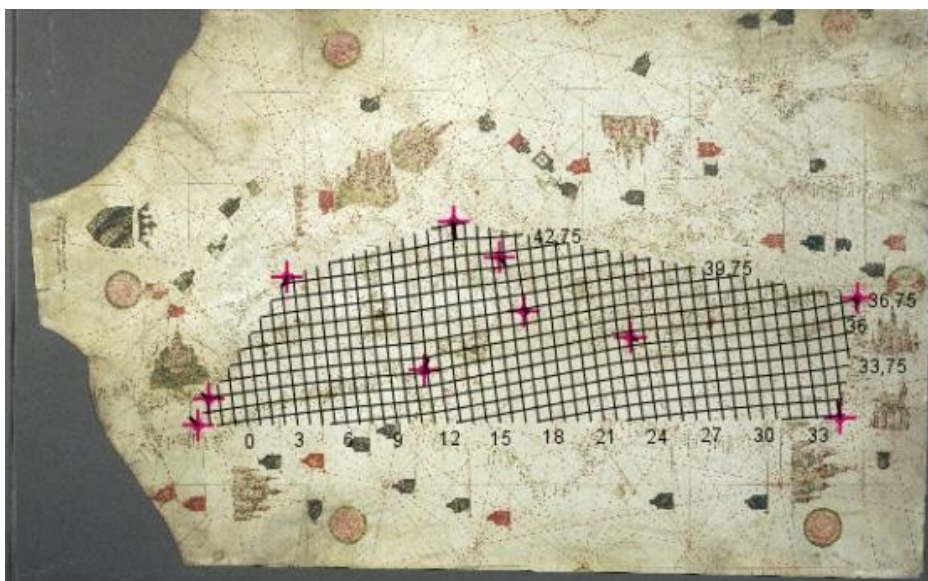


figura 28 - Grelha geográfica implícita numa carta-portulano do século XV¹¹⁹

Em 2005 Monika Korte publicou um modelo do geomagnetismo terrestre para os últimos 7 milénios designado por CALS7K¹²⁰. Este modelo tem sido utilizado por diversos autores para investigar e perceber a influência da declinação magnética na torção da linha de costa das cartas rumadas do Mediterrâneo. Normalmente o método usado nessas análises passa por gerar uma grelha geográfica implícita e posteriormente aplicar a correção da declinação a esta grelha.

Gaspar foi um dos investigadores que utilizou os resultados deste modelo prospetivo do geomagnetismo terrestre na análise de cartas rumadas. Nessa investigação, considerou que através da análise das isolinhas de declinação magnética, a torção do mar Mediterrâneo para duas cartas rumadas do Mediterrâneo não se ajustava totalmente à **declinação média** para os anos de 1200 a 1400. Uma das cartas foi confrontada com a declinação de 1300 e as conclusões de Gaspar apontam para duas hipóteses: a linha de costa ter sido levantada antes de 1300 ou o modelo geomagnético estar errado¹²¹.

Na presente dissertação, para análise da influência que a declinação magnética terá tido no efeito de torção do mediterrâneo foi desenvolvido um processo diferente. Ao invés de se

¹¹⁹ Carta rumada de Gabriel Valsecca, 1447.

¹²⁰ Monika Korte et al, *Continuous geomagnetic field models for the past 7 millennia: 1. A new global data compilation*, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 6, n. 2, february 2005.

¹²¹ Joaquim Alves Gaspar, «Dead reckoning and magnetic declination: unveiling the mystery of portolan charts», *e-Perimtron*, vol. 3, n. 4, p. 191-203, 2008, p. 200.

aplicar uma correção magnética média à grelha geográfica implícita, que por si só é um produto derivado, vai-se aplicar a correção magnética a cada ponto da linha de costa real. Este método torna o processo de análise muito mais fino e rigoroso. Posteriormente a linha de costa afetada da declinação magnética de cada período (1200 a 1450) vai ser utilizada para geração da grelha geográfica implícita sobre as cartas rumadas. Os resultados deste processo permitem identificar objetivamente qual o período que melhor corresponderá à linha de costa reproduzida nas cartas rumadas. O ano de construção da linha de costa nas cartas rumadas corresponderá ao que resultar numa grelha implícita com rotação nula ou quase nula. O modelo geomagnético usado neste processo foi o acima referido CALS7K.

O algoritmo para a produção da linha de costa nestas condições seguiu o seguinte procedimento:

1. Digitalizar as isolinhas de declinação magnética para as épocas 1200, 1250, 1300, 1350, 1400, 1450;
2. Transformar as isolinhas de declinação magnética numa camada matricial que cubra o Mediterrâneo;
3. A partir da linha de costa geográfica (sistema de referência geográfico WGS84), transformar cada um dos nós da linha num ponto;
4. Associar o valor da declinação magnética de cada época aos pontos da linha de costa;
5. Extrair as coordenadas geográficas de cada ponto da linha de costa e respetivas declinações magnéticas para uma folha de cálculo auxiliar;
6. Calcular o azimute e distância entre cada dois pontos consecutivos da linha de costa;
7. Adicionar o valor da declinação magnética em cada local ao azimute original (geográfico);
8. Calcular a localização de cada ponto da linha de costa a partir da distância e azimute magnético obtido em 7.
9. Construir a linha de costa a partir dos pontos obtidos em 8.

As figuras seguintes mostram o espaço geográfico do mar Mediterrâneo, as isolinhas de declinação magnética de cada época e a linha de costa (a vermelho) resultante da afetação da declinação magnética. Analisando esta sequência verifica-se que no ano de 1200 a torção resulta mais acentuada e à medida que as épocas avançam a torção vai diminuindo.

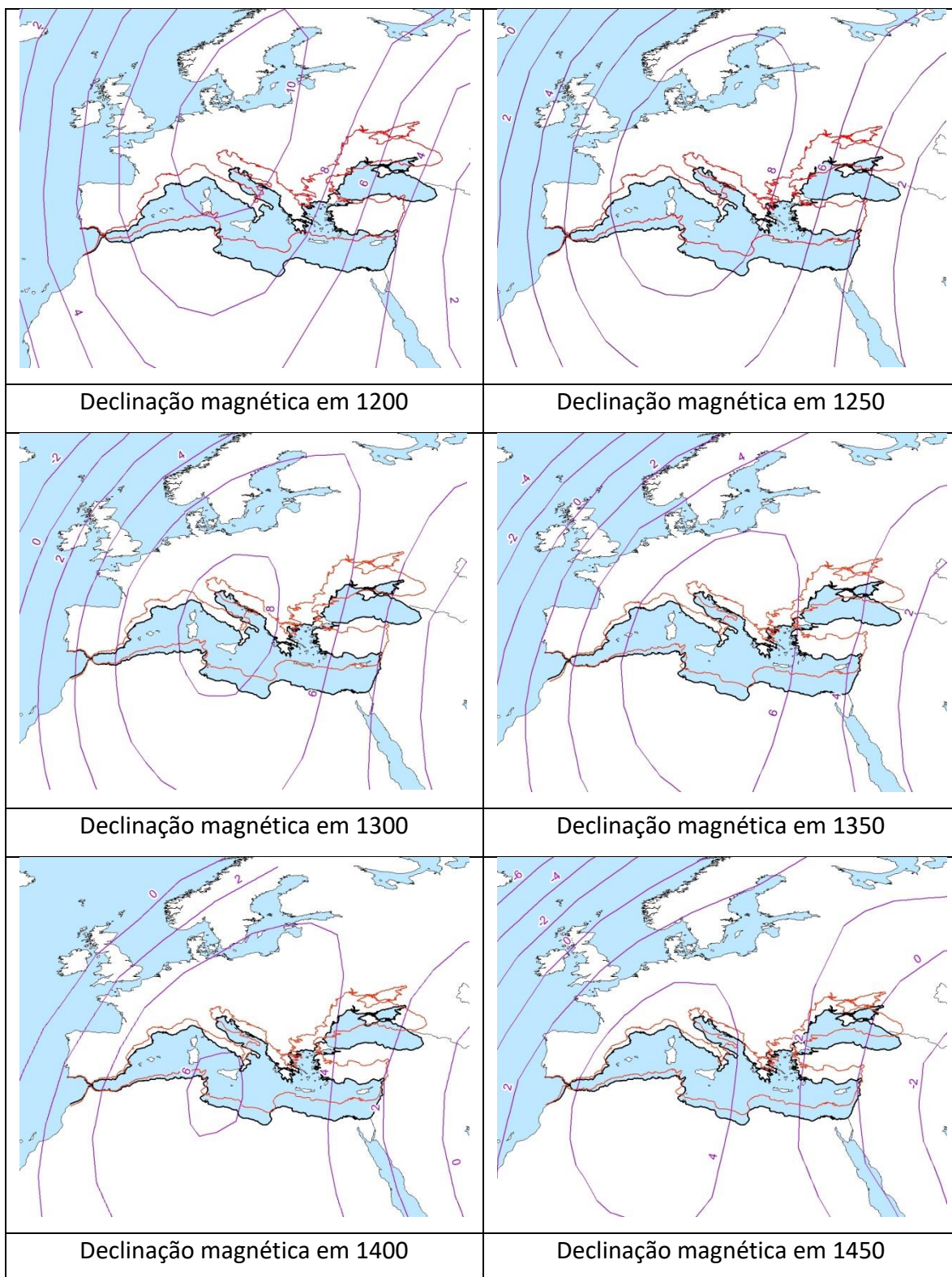


figura 29 - Evolução da declinação magnética e linha de costa (magnética) entre 1200 e 1450

Uma outra forma de verificar o efeito da declinação magnética sobre o levantamento da linha de costa passa por sobrepor os diferentes resultados numa mesma imagem. Assim, a figura 30 mostra, com recurso a sobreposição geográfica, as diferentes linhas de costa magnéticas obtidas para o período entre 1200 e 1450.

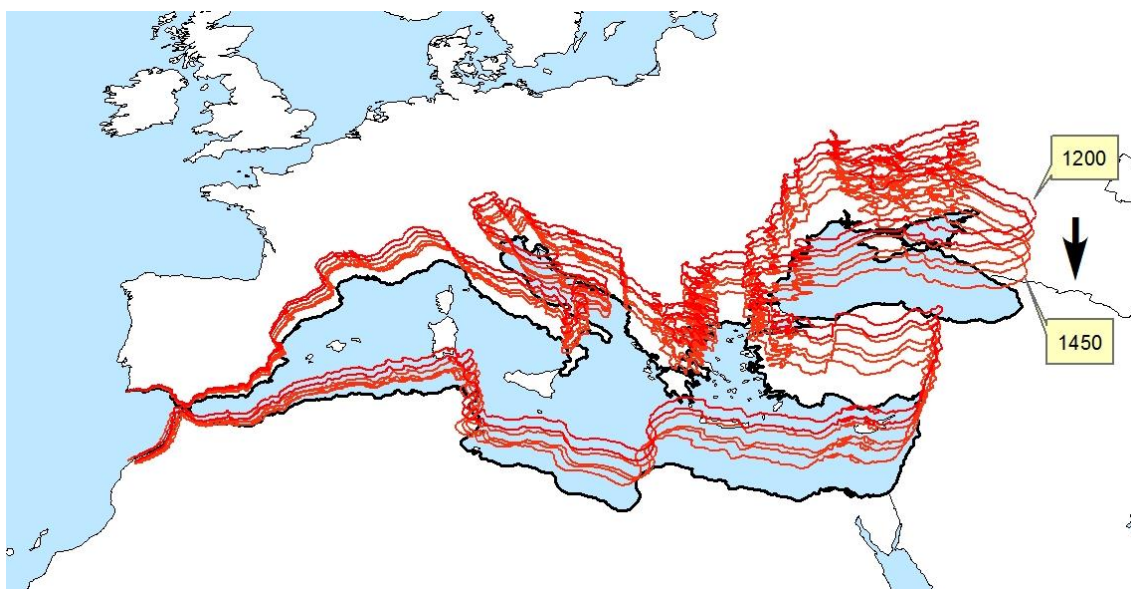
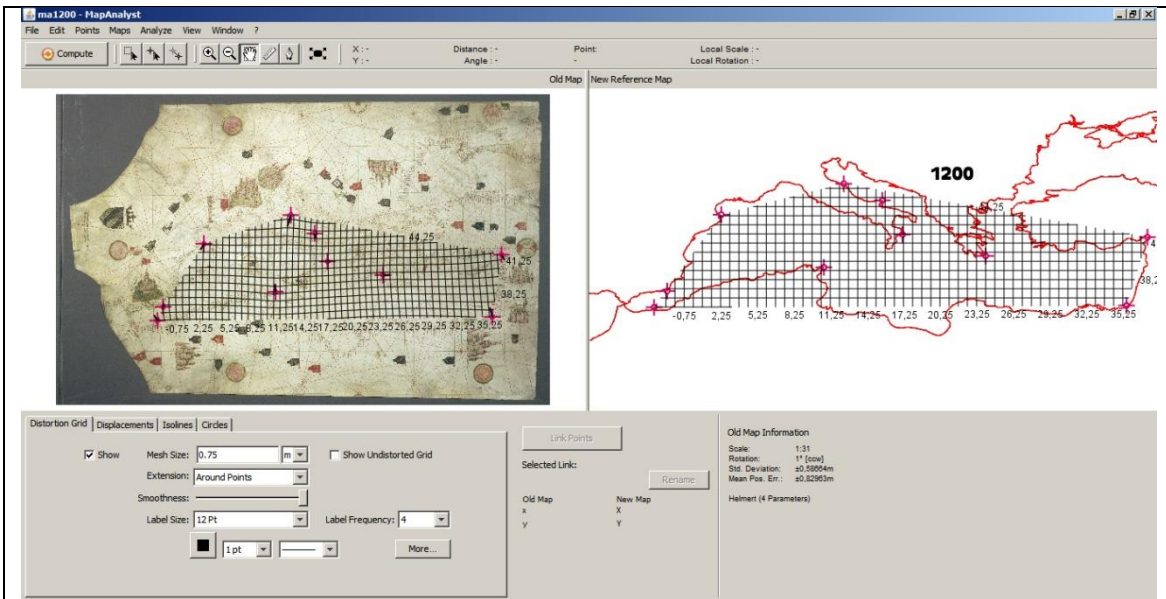


figura 30 - Comparação de posicionamento relativo entre linhas de costa (magnéticas) do Mediterrâneo entre o ano de 1200 e 1450

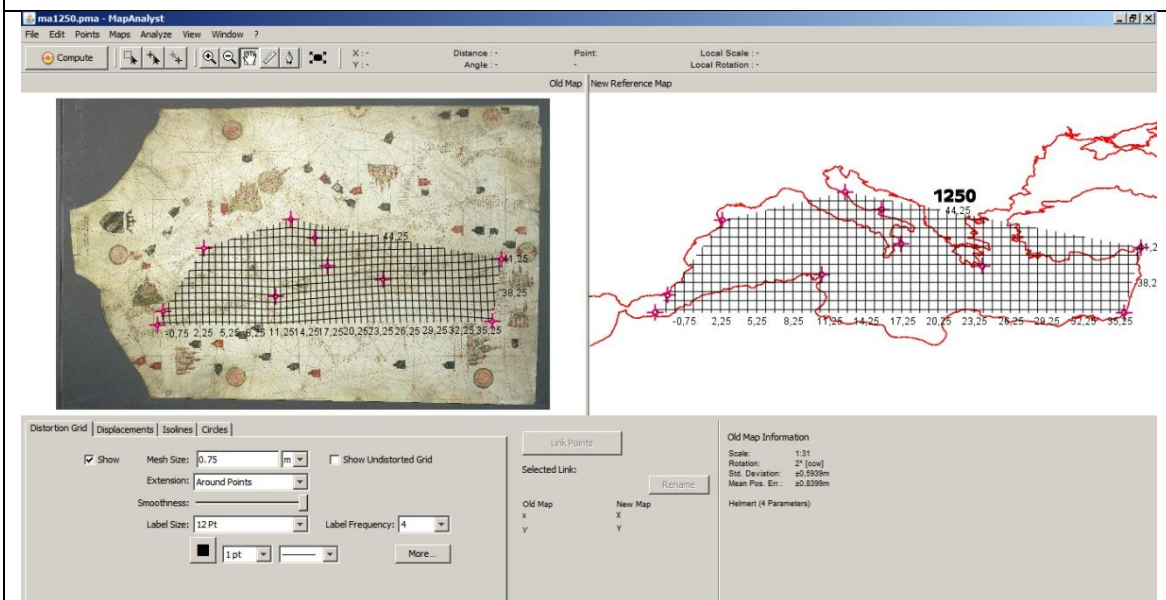
A partir destes resultados, e tendo em conta que as cartas-portulano não se construíam de raiz, mas resultavam do conhecimento acumulado ao longo dos tempos, apenas se introduzindo nova informação, foi testada a imposição de uma grelha geográfica implícita para cada época selecionada.

Os resultados destes testes são apresentados nas figuras seguintes. A carta de 1447 de Gabriel de Vallseca¹²² foi selecionada para teste piloto. O georreferenciamento desta carta com recurso à linha de costa magnética estimada para os anos de 1200 e 1250 resulta numa torção do Mediterrâneo de cerca de 1°. Entre os anos de 1300 e 1450 aumenta cerca de 1° a cada 50 anos, chegando a 5°. Este efeito é visível nas imagens do lado esquerdo onde a grelha implícita está sobreposta sobre a carta rumada.

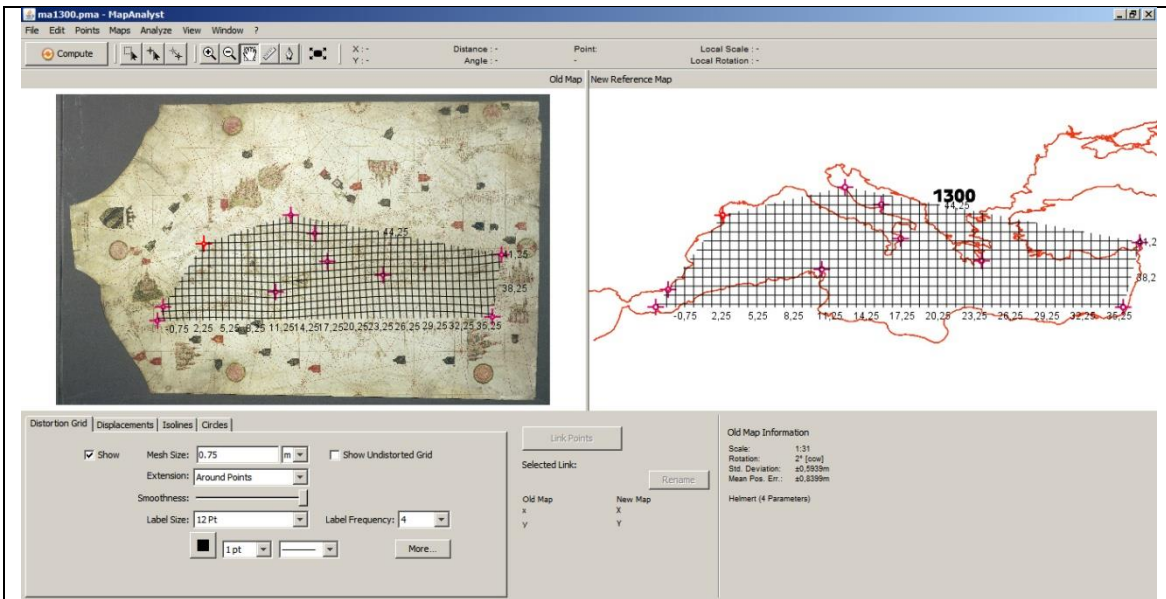
¹²² Gabriel de Vallseca, 1447, Bibliothèque nationale de France, disponível em linha em <https://tinyurl.com/l3ffo2v> em 2/4/2017.



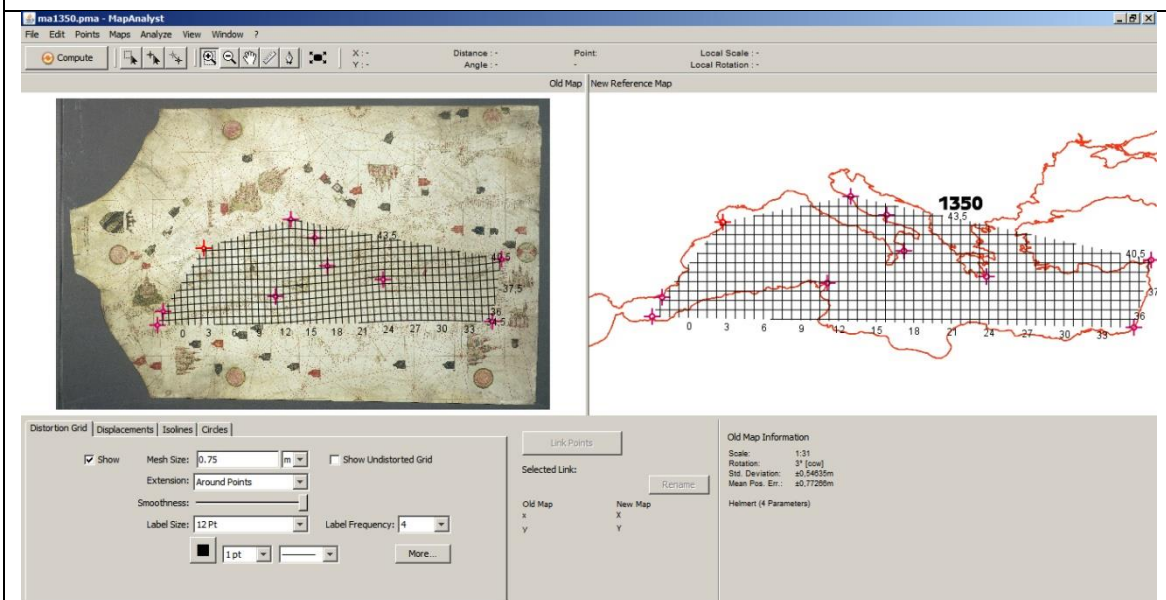
Desvio angular de 1° com linha de costa magnética ajustada ao ano de 1200



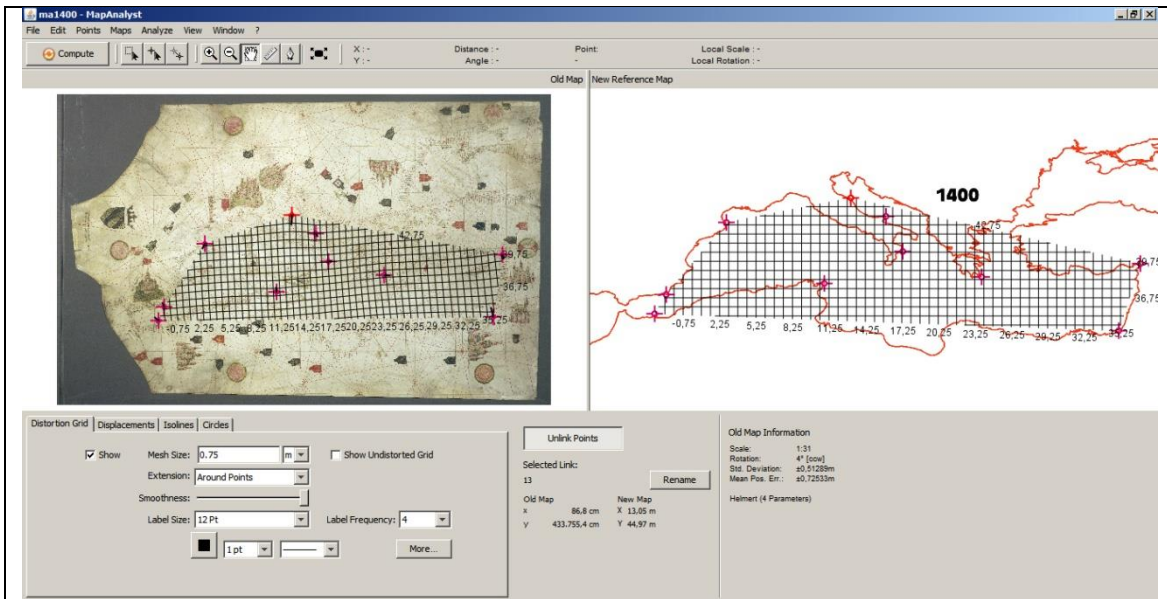
Desvio angular de 1° com linha de costa magnética ajustada ao ano de 1250



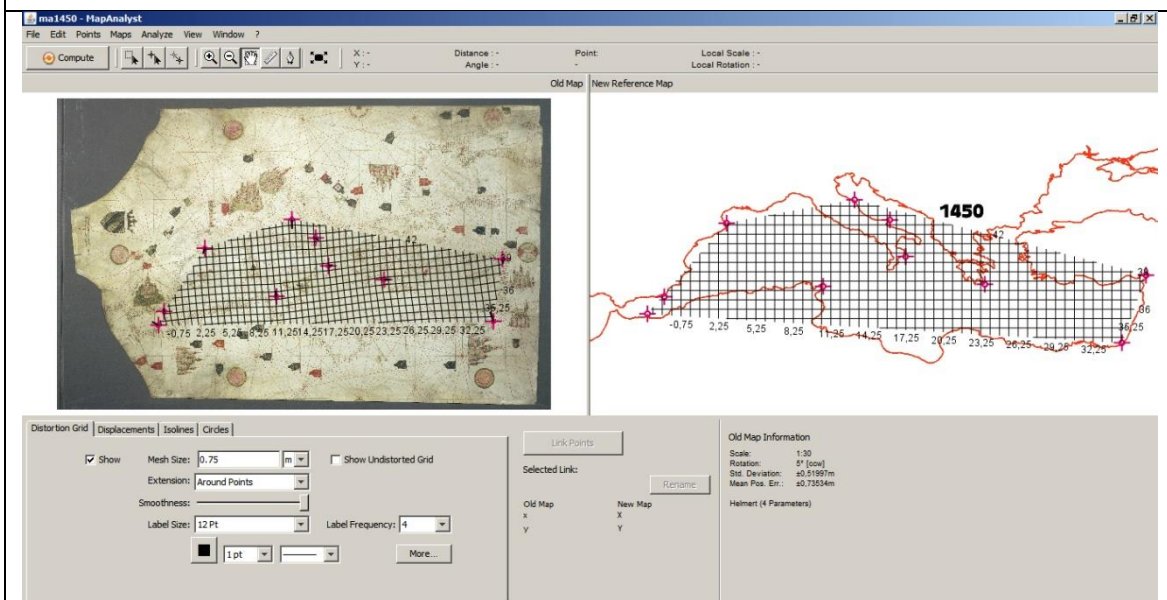
Desvio angular de 2 ° com linha de costa magnética ajustada ao ano de 1300



Desvio angular de 3 ° com linha de costa magnética ajustada ao ano de 1350



Desvio angular de 4 ° com linha de costa magnética ajustada ao ano de 1400



Desvio angular de 5 ° com linha de costa magnética ajustada ao ano de 1450

figura 31 - Inclinação da grelha magnética implícita sobre uma carta-portulano do século XV entre 1200 e 1450

Os resultados obtidos com esta modelação sugerem que os primeiros levantamentos da linha de costa do Mediterrâneo, com recurso a agulha magnética para obtenção do azimute entre dois pontos, tenham ocorrido no período de 1200 a 1250. Este período coincide com a introdução da agulha magnética na navegação Mediterrânica e mostra que logo desde o início terá sido utilizada para a produção de cartas-portulano. Uma vez que a generalidade das cartas-portulano era produzida a partir de padrões pré-existentes, a variação da declinação

magnética verificada em cada época seguinte não terá sido transposta para as novas cartas-portulano.

Posteriormente foram testadas as cartas de Albino de Canepa de 1489 (figura 32) e a carta de Diogo Homem de 1566 (figura 33). Os resultados obtidos foram semelhantes. Utilizando a linha de costa magnética do ano de 1200, a grelha implícita apresenta uma rotação de 0° , permitindo mais uma vez concluir sobre o uso recorrente da mesma linha de costa nas cartas rumadas, e conseqüentemente na manutenção dos mesmos métodos de navegação, ou seja, navegação estimada e não utilização de métodos astronómicos por serem incompatíveis com as referências das cartas.

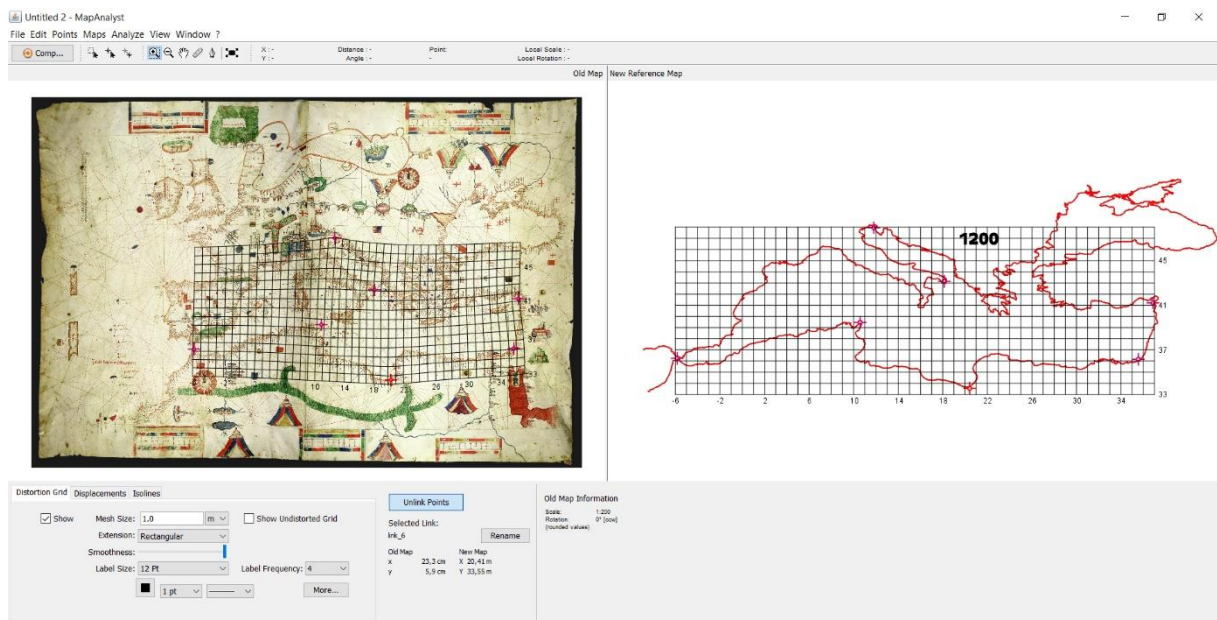


figura 32 - Grelha geográfica implícita sobre carta rumada de 1489 considerando declinação magnética do ano de 1200

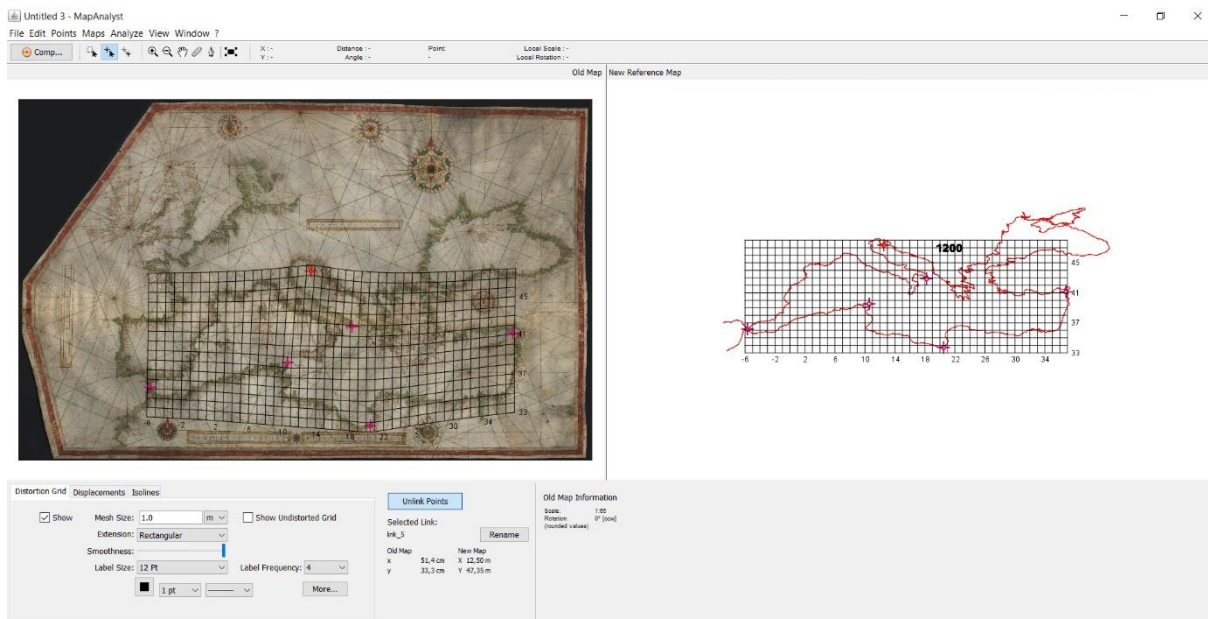


figura 33 - Grelha geográfica implícita sobre carta rumada de 1566 considerando declinação magnética do ano de 1200

Todavia, quando se submeteu a carta de 1639 de Geovanni Battista Cavallini ao mesmo processo verificou-se que a grelha implícita apresentava uma rotação na ordem dos 6° (!) no sentido horário (figura 34). Este facto sugere que, algures entre meados do século XVI e meados do século XVII se produziram cartas rumadas do Mediterrâneo (i.e. sem meridiano graduado) corrigidas do efeito da declinação magnética do ano de 1200. A questão que se levanta agora é se o ajuste foi realizado a partir de um novo levantamento sistemático da linha de costa com agulha magnética ou se o mesmo foi realizado com base no ajuste das latitudes observadas nas principais conhecenças.

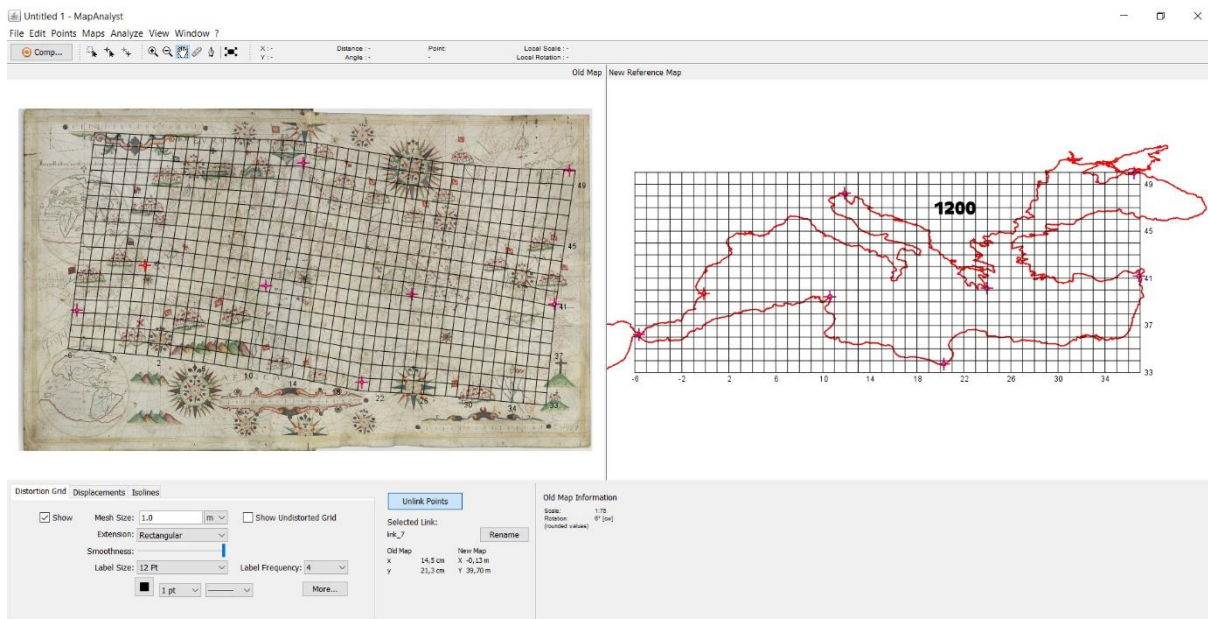


figura 34 - Grelha geográfica implícita sobre carta rumada de 1639 considerando declinação magnética do ano de 1200

Apesar da grande maioria das cartas-portulano do Mediterrâneo serem rumadas, existe pelo menos uma carta conhecida que foi produzida por alturas (latitudes). Em 1630, João Teixeira Albernaz, Jerónimo de Ataíde e Francisco de Seixas e Lovera, produziram um atlas cuja folha correspondente ao Mediterrâneo foi produzida por alturas (o título da carta é “Carta do Mar Mediterrâneo Por Alturas”). A figura 35 mostra a grelha implícita gerada com a aplicação *MapAnalyst*, sobre esta carta. O mais significativo na análise desta carta é que a inclinação geral da grelha é de apenas 1°. Não parece credível que se tenha realizado um levantamento exaustivo da latitude dos lugares apenas para se produzir uma carta. Eventualmente os cartógrafos terão utilizado alguns locais chave, de latitude conhecida, para corrigir a rotação geral do eixo do Mediterrâneo tal como representado nas cartas rumadas e posteriormente ter-se-ão limitado a unir esses locais “encaixando” a linha de costa das cartas padrão.

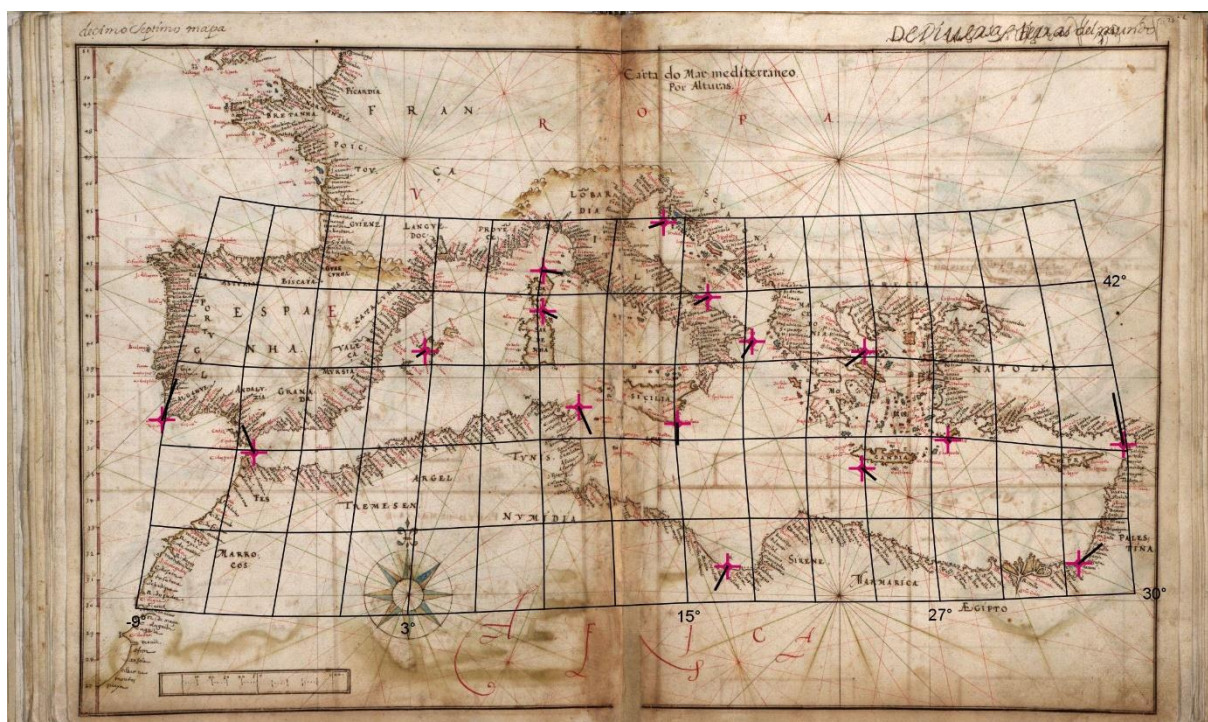


figura 35 - Carta-portulano de alturas do Mediterrâneo datada de 1630 com grelha geográfica implícita¹²³

Atendendo à proximidade das datas de produção, uma questão que se levanta é a eventual relação entre esta carta de alturas (1630) e a referida carta rumada de Cavallini (1639). A figura 36 mostra a grelha implícita sobre a carta rumada de Cavallini de 1639 (à esquerda) tendo como referência a carta de alturas de João Teixeira Albernaz et al de 1630 (à direita). Ambas as grelhas se mostram em tudo semelhantes, significando que a linha de costa de ambas será igualmente semelhante. Estes resultados sugerem, de alguma forma, que a carta rumada de Cavallini se baseou numa carta de alturas para o desenho da linha de costa, o que terá sido de alguma forma uma solução inovadora para corrigir a orientação do Mediterrâneo nestas cartas. Todavia, uma vez que a carta de Cavallini não inclui uma escala graduada de latitudes, a carteação neste espécime não poderia beneficiar dos métodos de navegação astronómica, eventualmente por continuarem a ser considerados desnecessários para a navegação nesta região.

¹²³ João Teixeira Albernaz, Jerónimo de Ataíde, Francisco de Seixas e Lovera, 1630, *Tábuas gerais de toda a navegação*, fl. 20, disponível em linha em <https://www.loc.gov/resource/g3200m.gct00052/> em 01/03/2017.

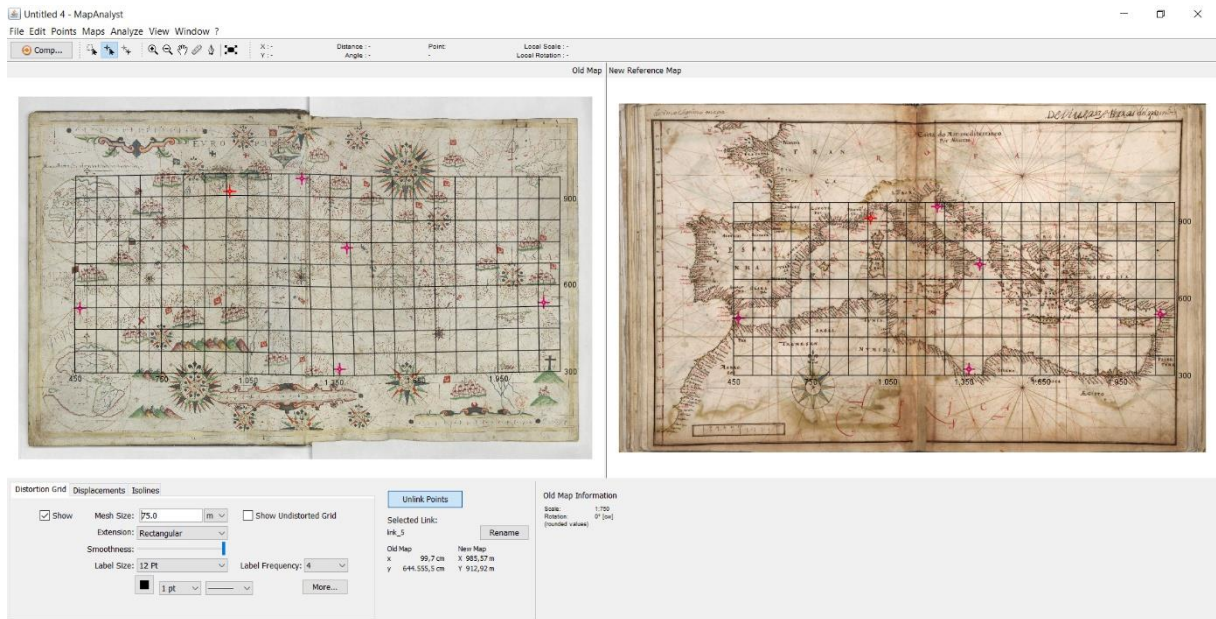


figura 36 - Comparação entre a carta rumada de 1639 de Cavallini e de 1630 de João Teixeira Albernaz

Neste capítulo apresentou-se uma análise técnica às cartas rumadas do Mediterrâneo que leva a concluir que a rotação verificada na linha de costa se correlaciona com a declinação magnética estimada para o período entre 1200 e 1250. No próximo capítulo é apresentada uma análise técnica às cartas de alturas para avaliação dos problemas de medição de distâncias em altas latitudes.

Capítulo 4 - A grelha geográfica implícita das cartas de alturas

Durante o processo de caracterização das cartas de alturas utilizaram-se os requisitos da navegação e as descrições dos compêndios de navegação dos cosmógrafos mores para descartar o uso de projeções cartográficas na produção da carta de alturas. Neste capítulo é feita uma análise específica à grelha geográfica implícita de cartas de alturas, gerada a partir de técnicas de georreferenciamento de imagens e interpolação matemática.

Como introdução a esta análise, explicitam-se os problemas de representação cartográfica de projeções cartográficas onde a grelha geográfica é representada por linhas retas paralelas entre si e os meridianos são perpendiculares aos paralelos. Estes problemas são essencialmente dois e estão intimamente associados um ao outro: a não representação da convergência dos meridianos e a consequente variação das distâncias entre dois arcos de paralelo à medida que crescemos em latitude.

A figura 37 mostra em perspetiva e de forma destacada uma parte da superfície terrestre do equador ao polo norte entre os 0° e os 10° de longitude oeste. Nesta figura facilmente se depreende que o comprimento dos arcos de paralelo entre os 0° e os 10° oeste vai diminuindo à medida que cresce a latitude até se transformar num ponto quando estamos no polo norte. A designada convergência dos meridianos é exatamente isto: todos os meridianos convergem para dois pontos no globo: os polos.

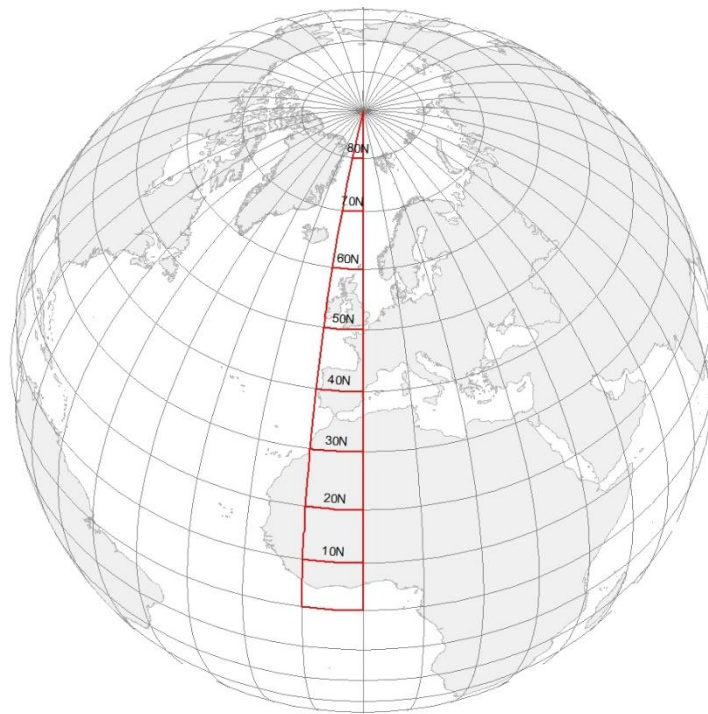


figura 37 - Representação em perspectiva do espaço geográfico do equador ao polo norte entre os 0° e os 10° oeste

A figura 38 mostra o mesmo espaço geográfico e o mesmo trecho destacado utilizando uma projeção cartográfica em que os graus de longitude têm a mesma dimensão que os de latitude em todo o espaço geográfico (Plate Carrée). Nesta figura, a dimensão real dos arcos de paralelo entre os 0° e os 10° vai diminuindo de 600 milhas náuticas no equador até 0 milhas náuticas no polo. Todavia, estes segmentos estão graficamente representados com a mesma dimensão.

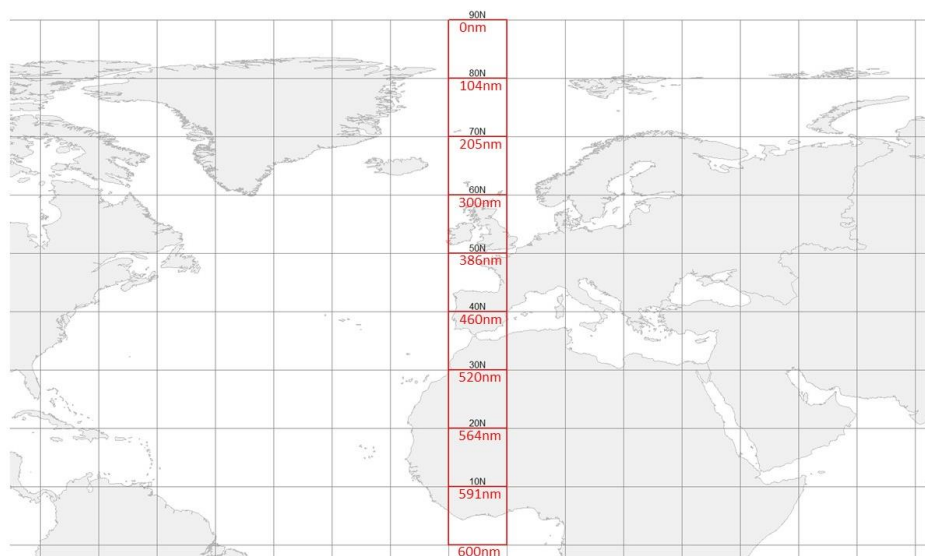


figura 38 - Representação plana do espaço geográfico do equador ao polo norte entre os 0° e os 10° oeste

Outra forma de representar as distorções que podem resultar da planificação do mundo, de acordo com as necessidades da navegação marítima, passa por fixar uma distância e fazer a sua representação ao longo de paralelos em latitudes distintas, verificando a sua variação em graus. A figura 39 mostra uma vista em perspectiva do globo, onde estão traçados arcos de paralelo de 10° em 10° , do equador ao polo norte, com um comprimento fixo de 600 milhas náuticas. No equador este comprimento de arco corresponde a uma variação de 10° em longitude. Nos 60° norte o arco corresponde a cerca de 20° de longitude. Nos 70° norte já atinge os 30° de longitude e nos 80° norte chega a representar mais de 55° de longitude.

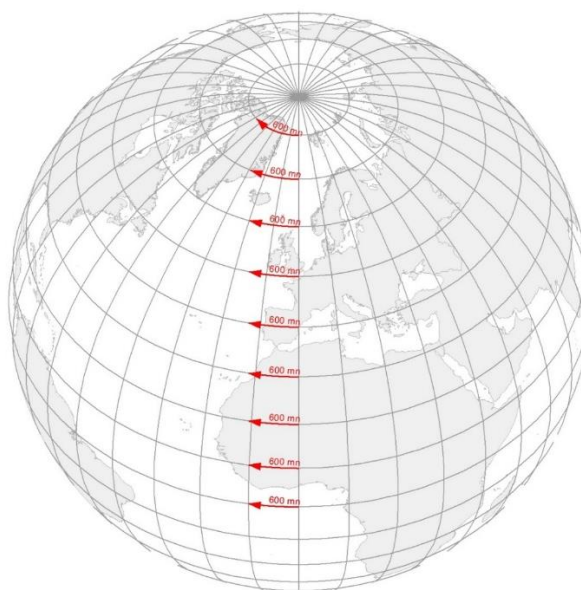


figura 39 - Vista em perspectiva do globo com marcações de 600 milhas náuticas sobre diversos paralelos

A figura 40 mostra o mesmo espaço geográfico e os mesmos segmentos destacados utilizando uma projeção cartográfica em que os graus de longitude têm a mesma dimensão que os de latitude em todo o espaço geográfico (Plate Carrée). Nesta figura é particularmente visível que a variação da representação destes segmentos é relativamente reduzida, mas que aumenta muito rapidamente nas altas latitudes.



figura 40 - Representação plana da variação do comprimento de um arco de longitude com 600 milhas náuticas de comprimentos desde o equador até ao polo norte

Embora nestes exemplos se tenha utilizado uma projeção do tipo Plate Carrée, as cartas de alturas não eram construídas com base em nenhuma projeção cartográfica específica e não tinham explicitamente desenhados quaisquer meridianos e paralelos exceto: o equador (graduado ou não), o meridiano graduado e as linhas norte-sul e leste-oeste que resultavam da representação dos centros de rumos. Mesmo nas cartas em que o equador surge graduado, não são explicitamente representados os meridianos a intervalos iguais usando essa graduação como referência.

Um dos principais métodos utilizados na análise das distorções das cartas-portulano passa pela geração de uma grelha geográfica implícita a partir da linha de costa. Para a presente análise foram definidos os seguintes critérios e parâmetros específicos para a seleção de espécimes cartográficos e na metodologia a seguir:

- A área geográfica a cobrir teria de ser de um oceano na sua máxima extensão possível, preferencialmente do Atlântico. Este critério destina-se a garantir que a grelha geográfica a gerar cobre a máxima variação de latitude e longitude possível, de forma a que se detetem quaisquer efeitos dependentes da latitude.
- A carta tem de ter desenhadas a linha de costa dos dois lados do oceano. Este critério destina-se a garantir que existem condições de fronteira válidos para a interpolação matemática a aplicar.

- Os pontos ou conhecenças utilizadas para a georreferenciação das cartas devem estar o mais uniformemente distribuídas pelo espaço geográfico, tanto na direção norte-sul como leste-oeste.
- O grau do polinómio interpolador a usar deverá ser o mais baixo possível para que se representem as tendências gerais da grelha e não sejam representadas as variações locais. Este critério evita que o polinómio interpolador se ajuste de forma fina e exata aos pontos de forma individual, evitando afetar a grelha de pequenos erros/desvios locais, mas mantendo a sua forma geral.

Grelha implícita com base na linha de costa

Tendo como base os critérios acima indicados foram identificadas várias cartas que poderiam ser usadas na geração da grelha implícita com base na linha de costa, e destas foram selecionadas sete para prova. Três são apresentadas nesta secção e as restantes quatro na seguinte.

A figura 41 mostra uma carta de alturas do Atlântico norte, de 1643 de João Teixeira Albernaz com uma grelha implícita gerada a partir do georreferenciamento dos pontos marcados com uma cruz rosa. Uma vez que a linha de costa americana se limita à zona da Terra Nova, existe algum desequilíbrio na seleção de pontos para geração da quadrícula. Todavia, esta permite ter uma perceção do efeito esperado atendendo à técnica de construção destas cartas. Verifica-se que a grelha na zona mais a sul é quase regular, tanto na direção norte-sul como leste-oeste. À medida que a latitude aumenta a grelha vai diminuindo a dimensão na direção leste-oeste, dando a sensação de acompanhar a convergência dos meridianos, algo que não corresponderá às descrições destas cartas onde meridianos e paralelos é suposto serem linhas retas e perpendiculares entre si. Pelo contrário, os paralelos surgem representados como linhas quase retas e relativamente bem ajustadas à sua latitude real. Apenas nos extremos da zona de interpolação aparecem com tendência a encurvar um pouco.



figura 41 – Grelha implícita com base na linha de costa da carta de alturas de João Teixeira Albernaz em 1643¹²⁴

A figura 42 mostra uma carta de alturas do Atlântico, de 1613 de Pierre Devaux com uma grelha implícita gerada a partir do georreferenciamento dos pontos marcados com uma cruz rosa. Os resultados da geração desta grelha são em tudo semelhantes aos da figura 41. Neste caso, já foi possível utilizar uma maior extensão da linha de costa americana, dando mais equilíbrio à seleção de pontos disponíveis para o processo de interpolação e geração da grelha.

¹²⁴ João Teixeira Albernaz, Atlas Universal, Torre do Tombo, Lisboa, 1643, disponível em linha em <http://digitarq.arquivos.pt/viewer?id=4162627> 27/03/2017.

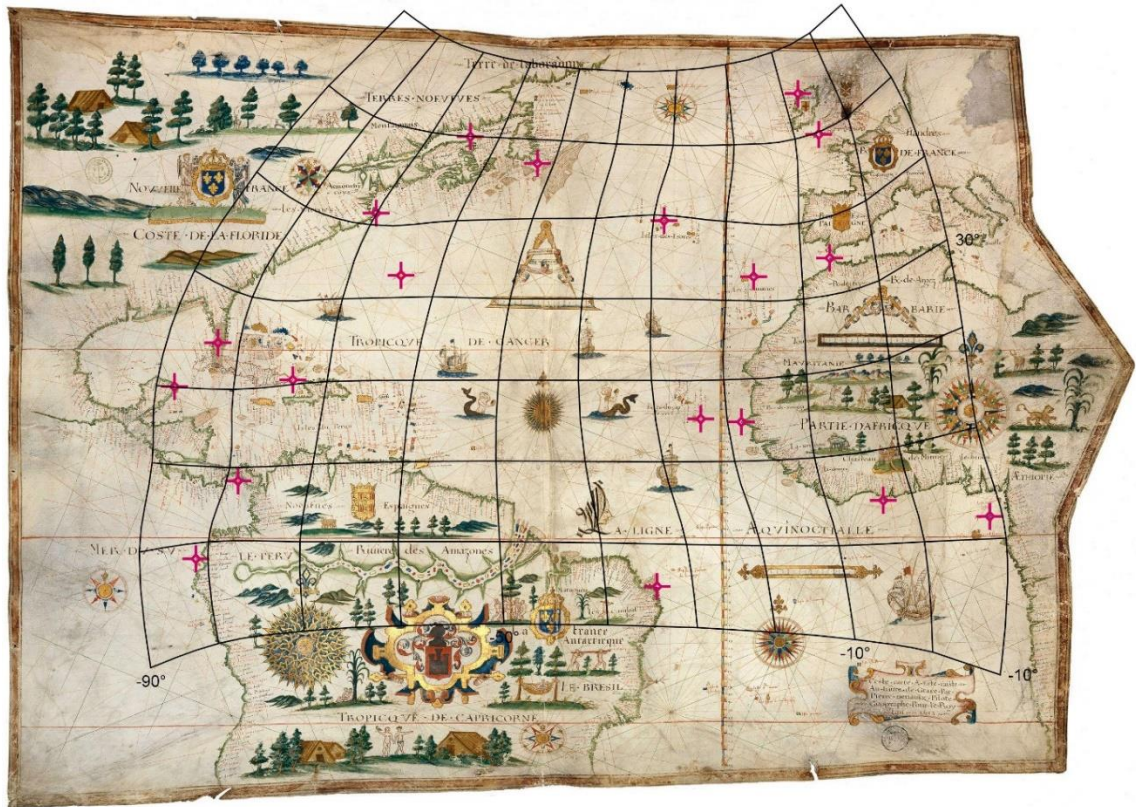


figura 42 – Grelha implícita gerada a partir da linha de costa da carta de alturas de Pierre Devaux de 1613¹²⁵

A figura 43 mostra uma carta de alturas do Atlântico, de c. 1620-1640 de João Teixeira Albernaz com uma grelha implícita gerada a partir do georreferenciamento dos pontos marcados com uma cruz rosa. Os resultados da geração desta grelha são em tudo semelhantes às anteriores. A extensão geográfica em causa é um pouco maior, embora não existam muitos pontos utilizáveis na área da América do Norte.

¹²⁵ Pierre Devaux, 1613, Bibliothèque Nationale de France, Paris, disponível em linha em http://www.cordouan.culture.fr/mediatheque/communs/images/grand_format/0/33_2.jpg em 27/03/2017.



figura 43 – Grelha implícita gerada a partir da linha de costa da carta de alturas de João Teixeira Albernaz¹²⁶

A geração da grelha geográfica implícita nestas três cartas sugere a existência de problemas no posicionamento relativo da linha de costa em altas latitudes. Tendo como suposição que a marcação de pontos da costa americana se fazia inicialmente através da medição de distâncias a partir da linha de costa europeia ou das ilhas Atlânticas, fica a percepção que estas distâncias estão marcadas na carta de uma forma mais curta do que deviam. Se estivessem na sua “real” distância, então os meridianos gerados teriam a tendência de “abrir” em direção ao norte, ao invés da tendência de convergirem para os polos como parece acontecer.

¹²⁶ João Teixeira de Albernaz, c. 1630-40, Torro do Tombo, Lisboa, disponível em linha em <http://digitarq.arquivos.pt/viewer?id=4617192> em 27/3/2017.

Esta tendência de encurvamento dos meridianos em altas latitudes também surge nos trabalhos de Gaspar¹²⁷, todavia sem que seja explorada uma explicação para este facto.

A explicação para este problema da marcação da linha de costa em altas latitudes, com as correspondentes consequências verificadas sobre a grelha gerada, parece estar nas fontes coevas.

Apesar de já anteriormente utilizados nas cartas de marear, em 1681 Serrão Pimentel referiu a necessidade de se colocarem na carta de marear vários troncos de léguas para serem usados em diferentes latitudes¹²⁸. O tronco geral de léguas devia ser criado a partir da dimensão de 4 graus de latitude, que se dividiria em 70 partes, cada uma representando uma légua. Os troncos particulares de léguas deviam ser ajustados a latitudes de referência, verificando-se que para as mesmas léguas a dimensão do tronco seria maior.

Se na construção da carta se usassem os diferentes troncos de léguas ajustados às diferentes latitudes, seria espectável que os meridianos se mantivessem como linhas retas. Se na construção das cartas se usasse apenas o tronco geral de léguas seria espectável que os meridianos apresentassem uma tendência de encurvamento semelhante à convergência polar.

Em 1699, Manuel Pimentel esclarece que a carta Portuguesa é toda construída tendo por base o tronco geral de léguas:

*“Porém na Carta Portuguesa as terras, e cabos de qualquer costa com as ilhas vizinhas **não foram postas por léguas maiores** [léguas das altas latitudes], **mas pelas léguas do tronco da Equinocial**, na verdadeira distância, rumo, e altura que a experiência mostrou.”*¹²⁹

¹²⁷ Joaquim Alves Gaspar, «Using Empirical map projections for modeling early nautical charts», in: RUAS, A. *Advances in Cartography and GIScience*, Berlin, Springer-Verlag, vol. 2, 2011, p. 243.

¹²⁸ Luís Serrão Pimentel, *op. cit.*, p. 94.

¹²⁹ Manuel Pimentel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699, p. 84.

Esta opção de construir a carta de marear sempre com base no mesmo tronco de léguas faz com que a escala da representação seja a mesma em todo o espaço geográfico, mas “provoca” naturalmente o encurvamento dos meridianos implícitos em altas latitudes.

O meridiano graduado inclinado

Para além do meridiano graduado, algumas cartas de alturas têm representado um outro segmento de meridiano, inclinado, junto à Terra Nova, também designado por escala oblíqua de latitudes. É o caso da carta de Pedro Reinell de 1504, de João Teixeira Albernaz de c. 1620-40, de Pedro de Lemos de 1590 e de Pascoal Roiz de 1633. Estas quatro cartas também foram seleccionadas para análise da grelha geográfica implícita. Os resultados do seu processamento foram em tudo semelhantes aos apresentados na seção anterior para as três cartas tratadas.

Todavia, durante a análise a estas quatro cartas específicas, verificou-se que o meridiano implícito nas proximidades do troço de meridiano graduado seguia aproximadamente a mesma direção que este. De alguma forma este facto parece indicar que, apesar da conceção das cartas de alturas se basear no facto de que todos os diversos rumos são paralelos entre si em toda a carta, os cartógrafos tinham noção do problema relativo à representação da linha de costa em altas latitudes, pelo que incluíam este elemento extra para auxílio dos pilotos e garantia de coerência para a navegação naquelas zonas.

O troço de meridiano inclinado já foi anteriormente referenciado e estudado por vários autores. Armando Cortesão e Teixeira da Mota explicaram a teoria surgida em volta do assunto¹³⁰: o reconhecimento que a direção da Terra Nova para norte, devida à deflexão da agulha magnética para oeste, estava errada, devendo ser corrigida para NNW. Sendo esta a razão, logo surgiram questões sobre a razão que teria levado Pedro Reinell a preferir inclinar a escala de latitudes ao invés de corrigir a linha de costa da Terra Nova, marcando-se sobre uma direção mais para noroeste. Aqui, E.G.R. Taylor afirma que tal não poderia ser feito pois alteraria a possibilidade de uso da carta para efeitos da navegação.

Em 1972, Luís de Albuquerque volta a dar corpo à hipótese de que a escala inclinada de latitudes estaria relacionada com a declinação magnética sentida na zona da Terra Nova¹³¹.

¹³⁰ Armando Cortesão e Teixeira da Mota, *Portugaliae Monumenta Cartographica*, vol 1, Lisboa, Comissão Executiva das Comemorações do Quinto Centenário da Morte do Infante D. Henrique, 1987 [1960], p. 25.

¹³¹ Luís de Albuquerque, *Curso de História da Náutica*, Coimbra, Almedina, 1972, p. 175.

Todavia, nesta zona entre o ano de 1450 e 1500 verificamos que a declinação magnética seria da ordem dos 12° leste (figura 44), enquanto a escala inclinada de latitudes apresenta uma inclinação de cerca de 25°, cerca do dobro. Esta diferença é considerada demasiado significativa para se poder aceitar como válida a hipótese referida.

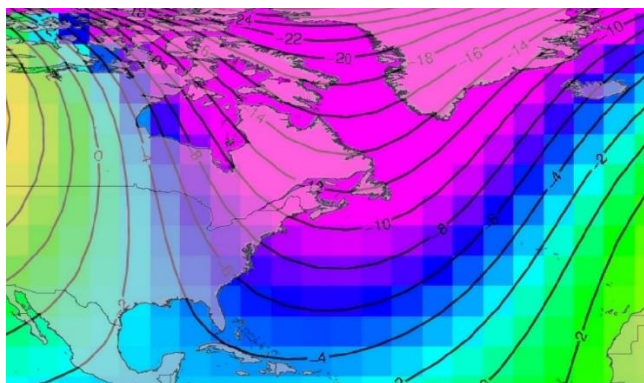


figura 44 - Modelo da declinação magnética no ano de 1500¹³²

A figura 45 mostra a carta de 1504 de Pedro Reinel com a grelha geográfica implícita sobreposta. O facto de nesta carta apenas se poder contar com 2 pontos de referência na Terra Nova, limita uma conclusão clara sobre a coincidência das direções dos elementos em causa.

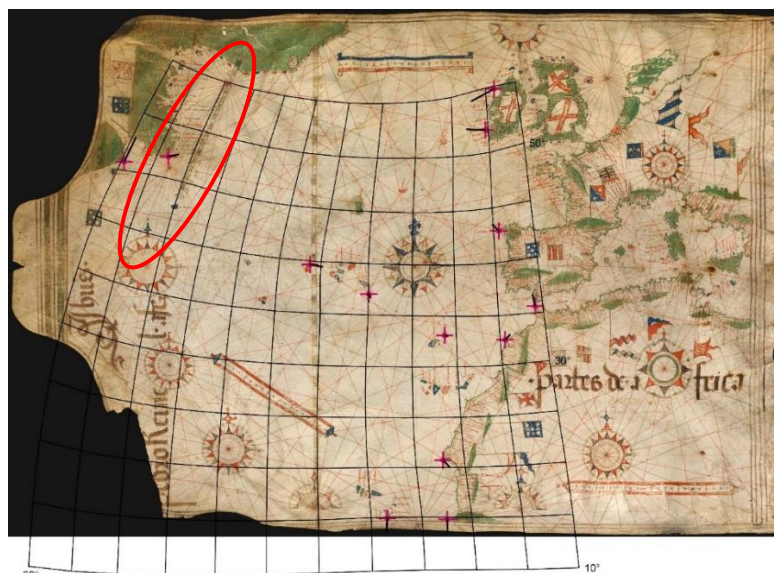


figura 45 - Carta de alturas de Pedro Reinel¹³³

¹³² Adaptado de <https://earthref.org/ERDA/954/>. Seleccionada a imagem que corresponde ao ano 1500.

¹³³ Pedro Reinel, 1504, Bayerische Staatsbibliothek, Munich, disponível em linha em <https://tinyurl.com/llxx9gc> em 27/03/2017.

A figura 47 mostra uma carta do Atlântico de João Teixeira Albernaz (c. 1620-1640) onde já é possível contar com um conjunto significativo de pontos de controlo no espaço de interesse. Novamente verificamos a coincidência da direção dos dois elementos em análise (meridiano no local e escala inclinada de latitudes).



figura 47 – João Teixeira Albernaz¹³⁴

A carta da figura 48 mostra um caso em que o processo de geração da grelha implícita não produz um meridiano com o alinhamento exato com a escala de latitudes oblíqua. Neste caso, a utilização de uma conhecida exatamente a norte desta escala pode ser a geradora do desacerto uma vez que será uma posição com elevada sensibilidade local. Isto significa que um ligeiro ajuste na marcação da conhecida pode gerar uma alteração significativa nos resultados da interpolação local.

¹³⁴ João Teixeira Albernaz, 1620-40, Torre do Tombo, Lisboa, disponível em linha em <http://digitalr.arquivos.pt/viewer?id=4162626> em 27/03/2017.

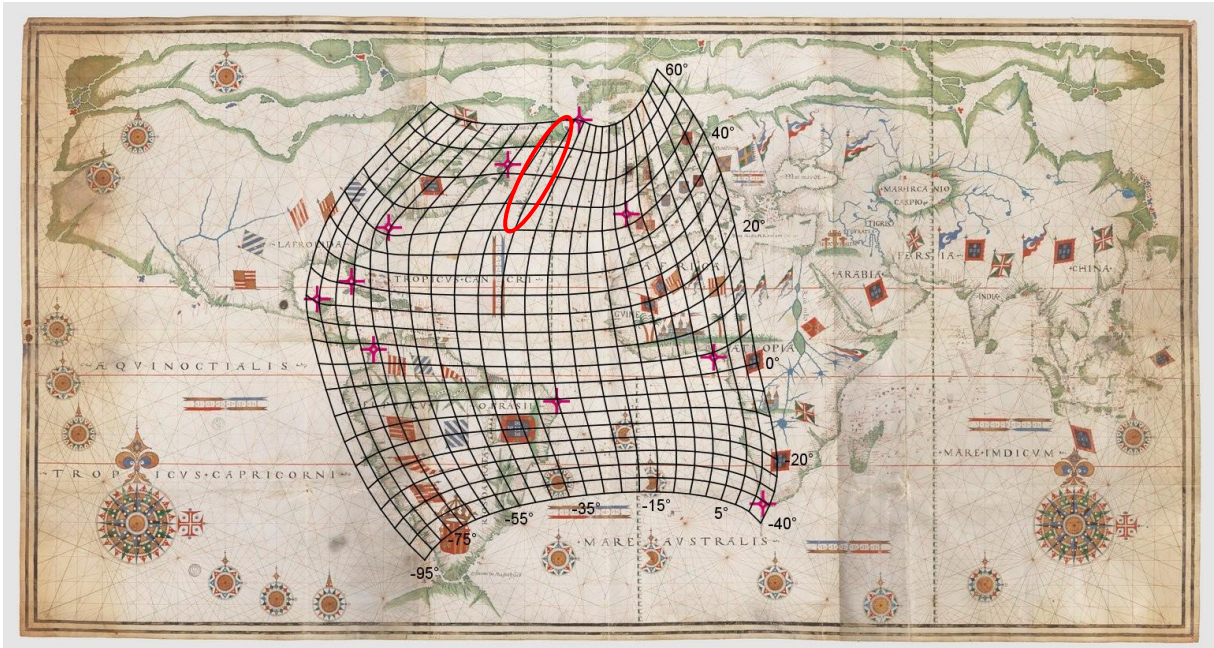


figura 48 – Planisfério de c. 1590 com grelha geográfica implícita sobre o Atlântico¹³⁵

A figura 49 mostra uma carta que permite uma distribuição geral de pontos de controlo pelas costas do Atlântico. Novamente voltamos a verificar um alinhamento entre o meridiano local e a escala oblíqua de latitudes.

¹³⁵ Pedro de Lemos, c. 1590, Bibliothèque Nationale de France, Paris, disponível em linha em <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b55007071f/f1.item> em 27/03/2017.

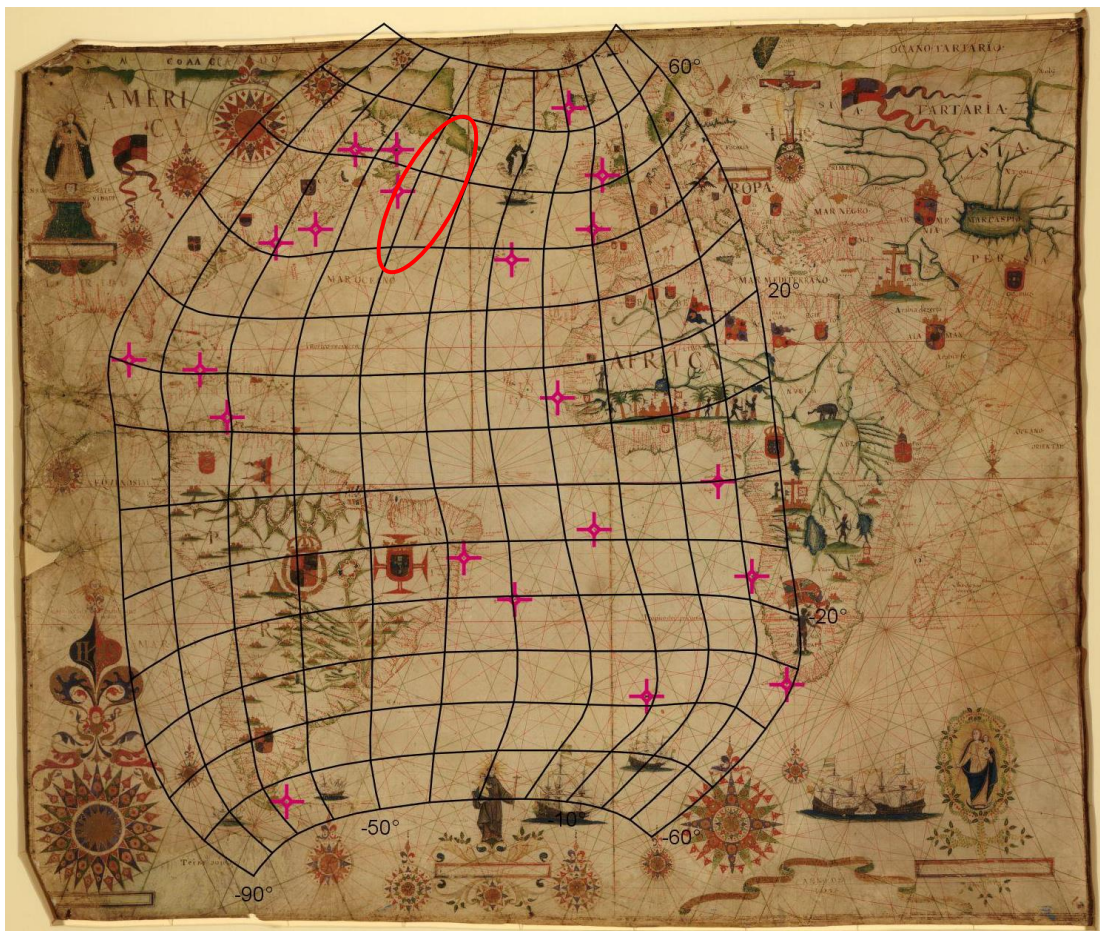


figura 49 – Carta de alturas do Atlântico de 1633 com escala inclinada de latitudes e grelha implícita sobreposta¹³⁶

Neste capítulo foi apresentada uma análise técnica a cartas de alturas com base na geração de uma grelha geográfica implícita. Verificou-se que estas grelhas apresentam uma tendência de convergência de meridianos em altas latitudes, permitindo correlacionar esta facto com o método usado na sua construção (escala igual em todo o espaço geográfico). Foi ainda analisada a escala oblíqua de latitudes incluídas em alguns espécimes. Verificou-se a existência de um paralelismo geral entre esta escala e a representação do meridiano implícito no local. Considera-se que este alinhamento não é justificável com o efeito da declinação magnética no período da sua construção porque os valores da inclinação e da declinação são substancialmente diferentes. Em alternativa é apresentada uma hipótese alternativa, relacionando a inclinação do meridiano com a latitude dos topónimos da Terra Nova.

¹³⁶ Pascoal Roiz, 1633, Library of Congress Geography and Map Division, Washington, disponível em linha em <https://www.loc.gov/resource/g9111p.ct002332/> em 27/03/2017.

Conclusões

O objetivo da presente dissertação é o de contribuir para a compreensão de diversos aspetos técnicos das cartas-portulano, enquadrando a sua evolução na realidade das épocas em que surgiram e foram utilizadas. Inicialmente o principal objetivo era o de perceber os méritos e a validade da existência da carta plana quadrada. Todavia, o processo de investigação foi dando azo a questões paralelas que se exploraram de acordo com a percebida relevância para o tema. Para todas elas se tentaram identificar explicações ou, pelo menos, aventar hipóteses a explorar no futuro.

Os principais resultados e conclusões da investigação realizada incluem aspetos relacionados com a sistematização do enquadramento relativo às cartas de marear, os resultados das várias análises técnicas realizadas e a interpretação de conceitos técnicos de diversas fontes coesas.

Assim, foi adotada uma nomenclatura objetiva para diferenciar as cartas de marear antigas, por forma a claramente se identificar o seu tipo. Esta classificação foi primariamente feita por Manuel Pimentel no século XVIII. As cartas-portulano do Mediterrâneo, as primeiras a serem produzidas e isentas de qualquer referência geográfica, formam um grupo específico que se designou por cartas rumadas. As cartas-portulano que incluíram escalas graduadas de latitudes foram designadas por cartas de alturas.

No processo de análise técnica às cartas rumadas foi estimado o erro de carteação associado à sua produção. Foi verificado que este erro se deve essencialmente ao facto de se marcarem linhas loxodrómicas (estimadas pelos pilotos) sobre um referencial cartesiano.

A carta rumada mais antiga conhecida tem centros rumados de 16 rumos. Todavia, em 1537 Pedro Nunes refere que as cartas “antigas” tinham centros rumados de apenas 12 rumos. Estes factos permitem associar o número de rumos das cartas à sofisticação do uso crescente das agulhas magnéticas.

Foi analisada a problemática da projeção cartográfica relacionada com a carta [de alturas] quadrada. Concluiu-se que o facto de a grelha geográfica implícita poder ser apresentada com base em graus iguais de latitude e longitude, não tem qualquer relação com a técnica utilizada para representação da linha de costa e consequentemente com o método de carteação a utilizar durante o planeamento e a condução da navegação. A carta de alturas era pseudo-

cartesiana (porque tinha em conta a latitude dos lugares) com a légua como unidade de medição de distâncias para representação da linha de costa. A sua variante designada por carta quadrada tinha uma eventual grelha geográfica implícita representada num referencial cartesiano cuja unidade de medida era o grau de latitude/longitude. Estes dois referenciais cartesianos não coincidem entre si a não ser em determinadas situações e áreas geográficas, nomeadamente nas proximidades do equador.

Concluiu-se, ainda, que a designada carta plana quadrada (por ter o equador representado com uma graduação) era em tudo idêntica à carta de alturas em todos os seus elementos e métodos de construção, apenas diferindo no facto de ter o equador graduado. Esta graduação do equador era absolutamente artificial e teria como principal propósito facilitar o registo de posições, por exemplo, nos diários de navegação.

Relativamente ao processo de carteação, foram identificadas nas referências coevas várias técnicas, que resultam em diferentes soluções, para definição do ponto de esquadria, mostrando que o seu conceito foi evoluindo ao longo do tempo.

Neste processo foi ainda identificado um outro tipo de solução no processo de carteação, designada por ponto respetivo, descrito pelo Padre António Carvalho da Costa em 1677 e por Serrão Pimentel em 1681, que não vingou como opção de carteamto nos posteriores compêndios de navegação.

Ainda no processo de carteamto, verificou-se que as descrições de Fontoura da Costa relativas à marcação do ponto de esquadria não coincidem totalmente com as técnicas descritas pelos cosmógrafos mor do reino dos séculos XVII e XVIII.

Nesta dissertação foi desenvolvida uma metodologia de reprodução da linha de costa do Mediterrâneo de acordo com a variação da declinação magnética para cada local e para cada período de 50 anos desde 1200 até 1500. Verificou-se que o georreferenciamento das cartas rumadas do Mediterrâneo com base nas diferentes linhas de costa permite concluir que a informação das cartas é consentânea com a linha de costa “magnética” ajustada ao período entre 1200 e 1250. Com base nestes resultados considera-se que as primeiras cartas rumadas do Atlântico terão sido produzidas neste período.

Concluiu-se que diversas cartas rumadas do século XV ao século XVI têm representada uma linha de costa que corresponde à linha de costa “magnética” por volta do ano de 1200. Identificou-se uma carta rumada do Mediterrâneo do século XVII (1639) cuja linha de costa se apresenta distinta das tradicionais (sem o efeito de rotação associado à declinação magnética do ano 1200). No mesmo âmbito, foi identificada uma carta de alturas do Mediterrâneo (João Teixeira Albernaz de 1630). A comparação desta carta de alturas com a carta rumada corrigida do efeito da declinação magnética de 1200 sugere que a carta rumada foi atualizada na parte da linha de costa com a carta de alturas.

Verificou-se que a geração de uma grelha implícita nas cartas de alturas que cobrem o Atlântico resulta num encurvamento dos meridianos nas altas latitudes. Este encurvamento parece estar associado ao facto de que a produção das cartas de alturas se realizar com base em rumos e distâncias usando sempre o mesmo tronco de léguas (o geral ou do equador) para todo o espaço geográfico.

Verificou-se que, nas cartas de alturas que incluem uma escala oblíqua de latitudes na zona da Terra Nova, esta apresenta-se, na generalidade, com um perfeito alinhamento com o encurvamento do meridiano implícito no local. De alguma forma esta constatação contraria a teoria apresentada e defendida por alguns autores de que esta inclinação estaria relacionada com o efeito da declinação magnética no local. Haverá, neste âmbito, espaço para apresentação de uma outra teoria: os cartógrafos poderiam ter a noção clara deste efeito prático da carta (encurvamento dos meridianos), preferindo definir uma escala oblíqua de latitudes para as altas latitudes da costa leste do continente americano, ao invés de alterar a forma da linha de costa.

Fontes e Bibliografia

Fontes

- ALBUQUERQUE, Luís de, *Duas obras inéditas do Padre Francisco da Costa*, 2ª ed., [S.l.], Fundação Oriente e Museu e Centro de Estudos Marítimos de Macau, 1989.
- AZURARA, Gomes Eanes da Azurara, *Crónica Descobrimto e Conquista de Guiné*, Barcelos, Livraria Civilização, 1973 [1453].
- BERGGREN, J. Lennart; JONES, A., *Ptolemy's Geography, an annotated translations of the theoretical chapters*, New Jersey, Princeton University Press, 2000.
- CARNEIRO, António de Mariz, *Regimento de pilotos, e roteiro das navegaçoens da India Oriental*, Lisboa, Lourenço de Anveres, 1642.
- . *Regimento de pilotos e roteiro da navegaçam, e conquistas do Brasil, Angola, S. Thome, Cabo Verde, Maranhão, Ilhas, & Indias Occidentais*, [S.l.], Manuel da Silva, 1655.
- COSTA, António Carvalho da, *Via Astronómica, segunda parte*, Lisboa, Antonio Craesbeeck, 1677.
- DEBANNE, Alessandra, *Lo Compasso de Navigare. Edizione del codice Hamilton 396 con commento linguistico e glossario*, Bruxelas, P.I.E. Peter Lang, 2011.
- FIGUEIREDO, Manuel de, *Hydrographia, Exame de pilotos, no qual se contem as regras que todo piloto deve guardar em suas navegações, assi no sol, variação dagulha, como no cartear, com algu[m]as regras da navegação de Leste, Oeste, com mais aureo numero, epactas, marès &*, [1ed 1608] ed., Lisboa, Vicente Alvarez, 1625.
- FLORES, Lazaro de, *Arte de Navegar, Navegacion Astronomica, theorica, y practica*, Madrid, Julian de Paredes, 1673.
- MEDINE, Pierre de, *L'art de naviguer*, Lyon, Guillaume Roville, 1569.
- NUNES, Pedro, *Tratado da sphaera com a Theorica do Sol e da Lua*, Lisboa, [s.n.], 1537.
- . «Tratado em Defensam da Carta de Marear», in: ESTEVES, F. M. *Revista de engenharia Militar*, [S.l.], [s.n.], vol. 16 e 17, 1911 e 1912 [1537], pp. 182-192, 240-248, 280-287, 351-366, 424-433, 482-493.
- . «Tratado em Defensam da Carta de Marear», in: _ *Obras*, Lisboa, Fundação Caloust Gulbenkian, vol. I, 2002, pp. 120-184.
- OLIVEIRA, Simão de, *Arte de Navegar*, Lisboa, Pedro Crasbeeck, 1606.
- PIMENTEL, Luís Serrão, *Arte pratica de navegar e Regimento de pilotos*, Lisboa, Antonio Craesbeeck de Mello, 1681.
- PIMENTEL, Manuel, *Arte practica de navegar & Roteiro das viagens, & costas maritimas do Brasil, Guine, Angola, Indias e Ilhas Orientaes e Occidentaes*, Lisboa, Bernardo da Costa de Carvalho, 1699.
- . *Arte de navegar & roteiro das viagens, e costas maritimas de Guiné, Angola, Brasil, Indias, & Ilhas Occidentaes, & Orientaes*, Lisboa, Deslandesiana, 1712 [1ed. 1699].

———. *Arte de navegar e roteiro das viagens, e costas marítimas de Guiné, Angola, Brasil, Índias, e Ilhas Ocidentales, e Orientales*, Lisboa, Miguel Manescal da Costa, 1762 [1ed. 1699].

SANTARÉM, Visconde de, *Atlas composé de mappemondes, de portulans et de cartes hydrographiques et historiques*, Paris, E Thunot et C^a, 1849.

TOOMER, G. J., *Ptolemy's Almagest*, New Jersey, Princeton University Press, 1998.

Bibliografia

ALBUQUERQUE, Luís de, *Curso de história da náutica*, Coimbra, Almedina, 1972.

———. *Considerações sobre a carta-portulano*, sep. de *Revista da Universidade de Coimbra*, Coimbra, Instituto de Investigação Científica Tropical, v. 31, 1984, pp. 385-404.

———. «A cartografia portuguesa dos séculos XV a XVII», in: *História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal*, Lisboa, Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa, vol. II, 1986, pp. 1061-1084.

ALEGRIA, Maria Fernanda *et al.*, «Portuguese Cartography in the Renaissance», in: WOODWARD, D. *The History of Cartography, Cartography in the European Renaissance*, Chicago, University of Chicago Press, vol. three, 2007, Cap. 38, pp. 975-1068.

AMARAL, Joaquim Ferreira do, *Pedro Reinel me fez. À volta de um mapa dos Descobrimentos*, Lisboa, Quetzal Editores, 1995.

BARBOSA, António, «Origem e Evolução da Cartografia náutica portuguesa na Época dos Descobrimentos», *Ocidente*, Lisboa, vol. III, n. 8, 1938,

———. *Novos subsídios para a história da ciência náutica portuguesa da época dos descobrimentos*, I Congresso da História da Expansão Portuguesa no Mundo, Sociedade Nacional de Tipografia, Lisboa, 1939.

———. *Novos subsídios para a história da ciência náutica portuguesa da época dos descobrimentos*, Porto, Imprensa Portuguesa, 1948.

BOUTOURA, Chryssoula; LIVIERATOS, E., «Some fundamentals for the study of the geometry of early maps by comparative methods», *e-Perimtron*, vol. 1, n. 1, p. 60-70, 2006.

BREMNER, R. W., *The construction and origins of two portulan charts*, sep. de *Boletim da Biblioteca da Universidade de Coimbra*, Coimbra, Coimbra Editora, v. 39, 1984, pp. 177-192.

———. *The early maps of Sicily*, sep. de *Revista da Universidade de Coimbra*, Coimbra, Imprensa de Coimbra, v. XXXIII, 1985, pp. 469-484.

———. *The lenght of the Mediterranean from Dicaerchus to the Discoveries*, sep. de *Revista da Universidade de Coimbra*, Coimbra, Imprensa de Coimbra, v. XXXIV, 1988, pp. 371-381.

BROWN, Lloyd A., *The story of maps*, New York, Dover Publications, 1949.

- CAMPBELL, Tony, «Portolan Charts from the Late Thirteenth Century to 1500», in: HARLEY, J. B.; WOODWARD, A. D. *The History of Cartography, Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean*, Chicago, University of Chicago Press, vol. one, 1987, Cap. 19, pp. 371-463.
- CORTESÃO, Armando, *Cartografia Portuguesa Antiga*, Lisboa, Comissão Executiva das Comemorações do Quinto Centenário da Morte do Infante D. Henrique, 1960.
- CORTESÃO, Armando, MOTA, A. Teixeira da, *Portugaliae Monumenta Cartographica*, reprodução fac-similada da edição de 1960 ed., Lisboa, Imprensa Nacional - Casa da Moeda, vol. 1, 1987 [1960].
- CORTESÃO, Jaime, *A Política de Sigilo nos Descobrimentos*, Lisboa, Comissão Executiva das Comemorações do Quinto Centenário da Morte do Infante D. Henrique, 1960.
- COSTA, Fontoura da, *A ciência náutica dos Portugueses na época dos Descobrimentos*, Lisboa, Comissão Executiva das Comemorações do Quinto Centenário da Morte do Infante D. Henrique, 1958.
- . *A marinharia dos Descobrimentos*, 3ª ed., Lisboa, Agência Geral do Ultramar, 1960.
- GASPAR, Joaquim Alves, «The Myth of the Square Chart», *e-Perimetron*, vol. 2, n. 2, p. 66-79, 2007.
- . «Dead reckoning and magnetic declination: unveiling the mystery of portolan charts», *e-Perimetron*, vol. 3, n. 4, p. 191-203, 2008.
- . «Revisitando a cartografia náutica Portuguesa antiga do Atlântico: uma análise quantitativa», *III Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica*, Ouro Preto, [s.n.], 2009.
- . *From the portolan chart of the Mediterranean to the latitude chart of the Atlântic*, Lisboa, Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação, 2010.
- . «Pedro Nunes e a carta de marear», *Congresso Luso-Brasileiro de História das Ciências*, Coimbra, [s.n.], 2011, p. 539-557.
- . «Using Empirical map projections for modeling early nautical charts», in: RUAS, A. *Advances in Cartography and GIScience*, Berlin, Springer-Verlag, vol. 2, 2011, pp. 227-247.
- . «Blunders, Errors and Entanglements: Scrutinizing the Cantino Planisphere with a Cartometric Eye», *Imago Mundi: The International Journal for the History of Cartography*, vol. 64, part 2, 2012, pp. 181-200.
- GASPAR, Joaquim A., LEITÃO, Henrique, «Squaring the Circle: How Mercator Constructed His Projection in 1569», *Imago Mundi: The International Journal for the History of Cartography*, vol. 66:1, 2014, pp. 1-24.
- GUEDES, Max Justo, *Reflexos Cartográficos da Expansão Portuguesa no Brasil até ao Tratado de Madrid*, Lisboa, Academia de Marinha, 1991.
- HOFMANN, Catherine; RICHARD, H.; VAGNON, E., *L'Âge d'or des Cartes Marines*, Brussels, Seuil/Bibliothèque nationale de France, 2014.

- LEPORE, Fortunato; PICCARDI, M.; PRANZINI, E., «The autumn of medieval portolan charts. Cartometric issues», *e-Perimtron*, vol. 7, n. 1, 2012, pp. 16-27.
- KORTE, Monika *et al*, «Continuous geomagnetic field models for the past 7 millennia: 1. A new global data compilation», *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 6, n. 2, february 2005. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2004GC000800/epdf>>. Acesso em: 08 março 2015.
- KORTE, Monika, CONSTABLE, Catherine G. «Continuous geomagnetic field models for the past 7 millennia: 2. CALS7K», *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, vol. 6, n. 2, february 2005. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2004GC000801/epdf>>. Acesso em: 08 março 2015.
- MARQUES, Alfredo Pinheiro, *Origem e desenvolvimento da cartografia Portuguesa na época dos Descobrimentos*, [Lisboa], Imprensa Nacional Casa da Moeda, 1987.
- . *Portugaliae Monumenta Cartographica - Adenda de actualização*, reprodução fac-similada da edição de 1960 ed., Lisboa, Imprensa Nacional - Casa da Moeda, vol. 6, 1987 [1960].
- MARTÍNEZ, Ricardo Cerezo, *La Cartografía Náutica Española en los Siglos XIV, XV y XVI*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1994.
- PUTNAM, G. R., *Nautical Charts*, New York & London, John Wiley & Sons (NY), Chapman & Hall (LD), 1908.
- RIBEIRO, António Silva, *A Hidrografia nos Descobrimentos Portugueses*, Mem Martins, Europa-América, 1994.
- . *Cartografia náutica Portuguesa dos séculos XV a XVII*, Lisboa, Instituto Hidrográfico, 2010.
- . «Os navios e as técnicas náuticas atlânticas nos séculos XV e XVI: os pilares da estratégia 3C», *Revista Militar*, [Lisboa], vol. 2515/2516, agosto-setembro 2011,
- . «Naus e tecnologias náuticas no Atlântico nos séculos XVI a XVIII», in: _ *António Estácio dos Reis, Marinheiro por vocação e historiador com devoção*, Lisboa, Comissão Cultural da Marinha, 2012.
- TAYLOR, E. G. R., *The haven-finding art. A history of navigation from Odysseus to Captain Cook*, Nova York, Abelard-Schuman Limited, 1957.
- VAGNON, Emmanuelle; VALLET, É., *La fabrique de l'Océan Indien*, Paris, Publications de la Sorbonne, 2017.