



ESCOLA NAVAL

talant de bi-faire



Simão Franco Marques Pereira

**Entre o Norte Geográfico e o Norte Magnético no Século
XVI: O Magnetismo Terrestre nas Observações de D. João
de Castro**

**Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Navais,
na especialidade de Marinha**



Alfeite

2025



ESCOLA NAVAL



ta sãnto de biẽ faire



Simão Franco Marques Pereira

*Entre o Norte Geográfico e o Norte Magnético no Século XVI:
O Magnetismo Terrestre nas Observações de D. João de
Castro*

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Militares Navais, na
especialidade de Marinha**

Orientação: CMG M RES António José Duarte Costa Canas

O Aluno,

O Orientador,

Marques Pereira

ASPOF M

Costa Canas

CMG M RES

Alfeite

2025

“Um saber de experiência feito”

— LUÍS DE CAMÕES

Ao meu avô Frederico, cuja passagem pela marinha abriu o caminho que hoje sigo. Que esta tese seja vista como a continuação de uma mesma rota, traçada por diferentes gerações no mesmo mar.

Ao meu irmão gémeo Tomás, companheiro desta rota a que chamamos de vida. Porque sempre navegámos lado a lado.

E por fim, aos meus queridos pais, que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidava. O vosso apoio foi o vento que impulsionou esta travessia.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar a minha profunda gratidão ao meu orientador, CMG RES António Costa Canas, pela orientação rigorosa, pela partilha generosa de conhecimento e pela confiança depositada ao longo de todo este trabalho. A sua experiência e disponibilidade foram fundamentais para a concretização desta investigação.

Agradeço também à minha família, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo constante, sem os quais esta etapa não teria sido possível.

Por último, e não menos importante, um agradecimento especial ao meu irmão gémeo, Tomás, que nunca desistiu de me arrastar para tardes de estudo em bibliotecas, transformando o esforço da escrita numa jornada partilhada.

Resumo

A presente dissertação analisa a contribuição de D. João de Castro (1500–1548) para o desenvolvimento da ciência náutica portuguesa no século XVI, com especial foco nas suas observações sobre o magnetismo terrestre e no valor técnico-científico dos seus roteiros. Partindo de uma contextualização do saber náutico da época, o estudo procura compreender em que medida os trabalhos de D. João de Castro, realizados entre 1538 e 1541, representam uma viragem metodológica na observação empírica e na sistematização de dados em contexto de navegação.

A investigação estrutura-se em cinco capítulos. O primeiro examina os fundamentos e instrumentos da ciência náutica portuguesa, enquanto o segundo explora os conceitos de declinação magnética e magnetismo terrestre. O terceiro capítulo centra-se na figura de D. João de Castro, traçando a sua formação, itinerário e principais observações magnéticas. O quarto capítulo analisa o impacto dos seus roteiros na prática náutica e cartográfica da época, destacando o seu contributo para a correção de erros e a introdução de procedimentos mais rigorosos. O quinto capítulo constitui uma síntese crítica dos resultados, destacando os obstáculos à difusão das suas ideias e a sua receção na história da ciência.

Com base na análise detalhada dos seus textos e das fontes posteriores, defende-se que D. João de Castro representa uma figura central da transição entre a náutica empírica tradicional e uma abordagem mais experimental e sistemática. Os seus roteiros, enquanto instrumentos operacionais, científicos e pedagógicos, refletem um modelo de observação orientado por princípios de medição, comparação e crítica. Apesar de diversos obstáculos à sua receção imediata, o legado científico de D. João de Castro permanece relevante para a compreensão das origens da geofísica e da epistemologia náutica moderna.

Palavras-chave: D. João de Castro; náutica portuguesa; declinação magnética; roteiros náuticos; história da ciência.

Abstract

This dissertation examines the contribution of D. João de Castro (1500–1548) to the development of Portuguese nautical science in the 16th century, with a particular focus on his observations on terrestrial magnetism and the scientific and technical value of his roteiros (navigational logs). Starting with a contextualisation of nautical knowledge at the time, the study seeks to understand to what extent D. João de Castro's work, carried out between 1538 and 1541, represents a methodological shift in empirical observation and data systematisation within the context of oceanic navigation.

The research is structured into five chapters. The first analyses the foundations and instruments of Portuguese nautical science, while the second explores the concepts of magnetic declination and terrestrial magnetism. The third chapter focuses on the figure of D. João de Castro, tracing his education, voyages, and major magnetic observations. The fourth examines the impact of his roteiros on contemporary nautical and cartographic practices, highlighting his contribution to the correction of errors and the adoption of more rigorous procedures. The fifth chapter presents a critical synthesis of the findings, identifying the main obstacles to the dissemination of his ideas and his reception in the history of science.

Based on a detailed analysis of his texts and contemporary sources, this thesis argues that D. João de Castro occupies a pivotal position in the transition from traditional empirical navigation to a more experimental and systematic approach. His roteiros, serving operational, scientific, and pedagogical purposes, reflect a model of observation guided by principles of measurement, comparison, and critique. Despite several barriers to their immediate reception, his scientific legacy remains essential for understanding the origins of geophysics and the epistemological foundations of modern nautical science.

Keywords: D. João de Castro; Portuguese navigation; magnetic

declination; nautical logs; history of science.

Índice

Capítulo 1 — A Ciência Náutica Portuguesa no Século XVI	3
1.1. As Técnicas de Navegação na Idade Média.....	4
1.2. Instrumentos Náuticos e sua Evolução	6
1.2.1. A agulha de marear	6
1.2.2. O astrolábio náutico.....	7
1.2.3. Quadrante náutico	9
1.2.4. Balestilha.....	10
1.2.5. A toleta de marteloio	11
1.2.6. As cartas-portulano e a rosa-dos-ventos.....	13
1.3. A Navegação Astronómica.....	14
1.3.1. A observação da Estrela Polar	15
1.3.2. A passagem meridiana do Sol	16
1.3.3. Método alternativo: a comparação de alturas.....	17
1.3.4. A importância da navegação astronómica para a náutica portuguesa.....	19
1.4. O Impacto da Ciência Náutica nos Descobrimentos.....	19
1.4.1. A formação de um saber técnico aplicado à navegação	20
1.4.2. A observação empírica como motor do conhecimento	21
1.4.3. O contributo de D. João de Castro para o estudo do magnetismo	21

1.4.4. A ciência náutica como fator de sucesso da expansão marítima	22
Capítulo 2 — Declinação Magnética e Magnetismo Terrestre	25
2.1. Introdução ao Magnetismo Terrestre.....	25
2.2. Conceitos fundamentais.....	27
2.3. Implicações náuticas da declinação magnética.....	30
2.4. Soluções práticas adotadas pelos navegadores	33
2.5. Declinação magnética na tradição náutica portuguesa	35
Capítulo 3 — D. João de Castro: Observador e Cientista	39
3.1. Percurso biográfico e formação científica.....	40
3.1.1. Breve biografia e enquadramento familiar de D. João de Castro.....	40
3.1.2. Relação com Pedro Nunes e ambiente científico português da época	43
3.2 As Viagens e os Roteiros	44
3.2.1. O <i>Roteiro de Lisboa a Goa</i> (1538):	45
3.2.2. O <i>Roteiro de Goa a Diu</i> (1538–1539):	48
3.2.3. O <i>Roteiro do Mar Roxo</i> (1540–1541):	51
3.3. As observações magnéticas nos roteiros de D. João de Castro	53
Capítulo 4 — Impacto das Observações de D. João de Castro na Navegação e Cartografia	55
4.1. A utilização dos roteiros em contextos náuticos e militares	55
4.2. O contributo para o aperfeiçoamento da cartografia náutica	57

4.3. Limites e obstáculos à difusão do seu trabalho	59
4.4. Considerações finais: Castro no contexto da ciência náutica europeia.....	61
Capítulo 5 — Discussão e Interpretação dos Resultados.....	66
5.1. Revisitação dos objetivos e questões de investigação	66
5.2. A originalidade da abordagem de D. João de Castro	67
5.3. Os roteiros como instrumentos técnico-científicos multifuncionais	68
5.4. Limites à receção e difusão da sua obra	70
5.5. Impacto a longo prazo: legado científico e historiográfico	71
Conclusão	75
Bibliografia.....	77

Índice de Figuras

Figura 1: Navegação à bolina e toleta de marteloio.....	12
Figura 2: Retrato de D. João de Castro da autoria de Charles Legrand.....	41
Figura 3: Instrumento de Sombras.....	46
Figura 4: O Porto de Diu, no Roteiro de Goa a Diu, de D. João de Castro.	49
Figura 5: Ataque Português ao porto do Suez, representado no Roteiro do Mar Roxo.	51
Figura 6: Promenor do ataque Português ao porto do Suez, representado no Roteiro do Mar Roxo.....	56
Figura 7: moeda de 1000 escudos com a gravura de D. João de Castro.	73

Introdução

A expansão marítima portuguesa dos séculos XV e XVI representou não apenas um fenómeno geopolítico e económico de enorme alcance, mas também um momento de transformação profunda no conhecimento técnico e científico aplicado à navegação. Neste contexto, a figura de D. João de Castro assume uma relevância singular: militar, navegador e homem de ciência, destacou-se pela sistematização de observações magnéticas e astronómicas, pelo rigor com que recolheu dados durante as suas viagens e pela crítica fundamentada a concepções erradas que prevaleciam na arte de navegar.

A presente dissertação tem como objetivo analisar a originalidade e o valor científico do trabalho de D. João de Castro, com especial foco nas suas contribuições para o estudo do magnetismo terrestre, através da observação da declinação magnética, e para o aperfeiçoamento das práticas náuticas e cartográficas do seu tempo. Partindo de uma leitura crítica dos seus roteiros náuticos, o trabalho procura compreender o modo como estes documentos, simultaneamente operacionais e reflexivos, articulam a experiência prática com uma incipiente metodologia científica.

A investigação organiza-se em cinco capítulos principais. O primeiro traça o panorama da ciência náutica portuguesa no século XVI, abordando os instrumentos, técnicas e saberes que sustentavam a navegação de longo curso. O segundo capítulo dedica-se à evolução do conhecimento sobre o magnetismo terrestre, contextualizando a noção de declinação magnética no quadro das práticas náuticas europeias. O terceiro capítulo centra-se na figura de D. João de Castro: a sua formação científica junto de Pedro Nunes, as suas viagens e roteiros, e a metodologia que o distingue como observador. O quarto capítulo analisa o impacto das suas observações na prática náutica e cartográfica, assim como os obstáculos à sua difusão. Por fim, o quinto capítulo apresenta uma interpretação crítica e historiográfica da sua obra, avaliando a sua receção, os limites da sua influência imediata e a importância do seu legado para a história da ciência.

Esta tese assenta na análise direta dos roteiros de D. João de Castro e em fontes historiográficas especializadas, procurando respeitar o rigor documental e a fidelidade às palavras do autor. A abordagem combina uma perspetiva histórica com uma leitura técnico-científica dos conteúdos, de modo a valorizar a obra de Castro enquanto exemplo pioneiro de um saber experimental emergente.

Num momento em que os estudos sobre a história da ciência e da tecnologia ganham renovada atenção, revisitar o contributo de D. João de Castro permite não apenas reconhecer o papel da ciência portuguesa na primeira globalização, mas também refletir sobre os caminhos históricos da observação empírica, da sistematização do saber e da resistência ao erro — temas ainda centrais no pensamento científico contemporâneo.

Capítulo 1 — A Ciência Náutica Portuguesa no Século XVI

O progresso da ciência náutica portuguesa durante o século XVI foi o resultado de um esforço acumulado de aperfeiçoamento das práticas de navegação, iniciado ainda durante o período medieval. Longe de surgir como uma aplicação direta de teorias científicas, esse desenvolvimento decorreu sobretudo de uma tradição empírica baseada na experiência de pilotos e navegadores, a qual foi sendo progressivamente sistematizada por cosmógrafos e matemáticos ao serviço da Coroa portuguesa. Luís de Albuquerque sublinha que a experiência marítima dos portugueses, aliada à necessidade de resposta às exigências da navegação oceânica, conduziu a uma prática náutica que viria a adquirir características científicas, mesmo que inicialmente desprovidas de uma base teórica formal¹. Essa prática assentava na recolha metódica de dados sobre ventos, correntes, rumos e desvios da agulha, que foram sendo registados com crescente precisão nos roteiros e diários de bordo.

A sistematização do conhecimento empírico implicou também a crítica a certos pressupostos herdados. No *Tratado em Defesa da Carta de Marear*, Pedro Nunes chama a atenção para os erros provocados pela utilização de cartas planas que ignoravam a curvatura da Terra, afirmando:

“E começarey na carta: porque vejo que como hü chega a cuidar que sabe tomar a altura logo presume de desgabala: e apregoar que he a mais falsa cousa do mundo”².

¹ Luís Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 1.^a, Biblioteca Breve, Série História (Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Ministério da Educação, 1983), 73:11–12.

² Pedro Nunes, *Obras, Tratado Da Sphera*, Volume 1 (Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002), 120.

As suas propostas para correção desses erros assentavam na introdução de elementos geométricos rigorosos, o que revela uma clara tentativa de racionalização do conhecimento náutico. João de Lisboa demonstrava também uma consciência das limitações dos instrumentos de navegação ao afirmar que a agulha de marear se afasta do meridiano verdadeiro devido a variações do magnetismo: “quanto é afastado do meridiano vero pelo variar das agulhas” ³. Trata-se de um testemunho precoce da observação da declinação magnética, que se tornaria um dos temas centrais na investigação de D. João de Castro.

Este capítulo procura, assim, delinear os fundamentos técnicos e intelectuais que estiveram na base da ciência náutica portuguesa na transição da Idade Média para a Época Moderna. Através do estudo das técnicas de navegação, dos instrumentos utilizados e das primeiras tentativas de compreender os fenómenos magnéticos e astronómicos, é possível contextualizar a importância de D. João de Castro, cuja abordagem metodológica marca uma viragem significativa na história da observação aplicada à navegação.

1.1. As Técnicas de Navegação na Idade Média

Durante a Idade Média, a arte de navegar na Europa ocidental caracterizava-se por um predomínio de práticas empíricas e métodos herdados da tradição mediterrânica. Os pilotos dependiam da observação direta da linha de costa, da experiência acumulada e de um conjunto de regras transmitidas oralmente. A navegação era feita essencialmente à vista de terra, sem o uso de coordenadas astronómicas, o que dispensava medições rigorosas de latitude ou longitude.

³ Luís Albuquerque, *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*, Secção de Coimbra, Centro de Estudos de Cartografia Antiga, CL (Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1982), 14.

Alguns pilotos começaram a registrar por escrito as informações de que necessitavam nos chamados portulanos. Os primeiros registos técnicos de navegação continham apenas listas de direções e distâncias entre portos, com informações rudimentares para reconhecimento da costa e orientação geral ⁴.

A bússola, ou agulha de marear, introduzida na Europa por volta do século XIII, constituiu uma inovação essencial ao possibilitar a determinação do rumo magnético, mesmo sem visibilidade da costa. Este instrumento levou ao desenvolvimento de uma técnica de navegação que os historiadores náuticos designam por «método de rumo e estima». Para navegarem entre dois pontos, os pilotos necessitavam de dois elementos: a direção e a distância entre esses pontos. Desta forma, os pilotos teriam apenas que seguir na direção indicada na agulha de marear (rumo), e estimar a distância percorrida (estima) ⁵.

Outro instrumento relevante da tradição medieval era a toleta de marteloio, uma tabela que permitia calcular o avanço efetivo de um navio em direção ao seu destino mesmo quando navegava com desvios, como era comum quando o vento não permitia seguir a rota direta. Esta tabela consistia na resolução gráfica de triângulos retângulos, cujo uso foi essencial nas navegações de longo curso ⁶. Os instrumentos astronómicos, como o quadrante, a balestilha e o astrolábio, apenas ganharam relevância com o desenvolvimento da navegação oceânica. Nas rotas costeiras não era necessário medir alturas de astros ou coordenadas celestes, de tal forma que nenhum portulano o regista ⁷.

⁴António Costa Canas, "Introdução" in *Obras Pioneiras da Cultura Portuguesa* / direção José Eduardo Franco, Carlos Fiolhais, Volume 9 (Círculo de Leitores, 2018), 9–10.

⁵ António Costa Canas, "Introdução" in *Obras Pioneiras da Cultura Portuguesa*, 9.

⁶ António Costa Canas, "Introdução" in *Obras Pioneiras da Cultura Portuguesa*, 9.

⁷ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:12.

A tradição mediterrânica foi, portanto, o ponto de partida da navegação portuguesa. Contudo, com a expansão para sul da costa africana e a necessidade de travessias oceânicas cada vez mais longas, as limitações dessa herança tornaram-se evidentes. A partir do século XV, os navegadores portugueses iniciaram um processo de reformulação dos métodos náuticos, integrando de forma progressiva técnicas mais sistemáticas e instrumentos mais precisos.

1.2. Instrumentos Náuticos e sua Evolução

1.2.1. A agulha de marear

A agulha de marear, instrumento essencial à navegação oceânica, evoluiu de soluções simples para uma construção tecnicamente mais exigente. No início do século XVI, João de Lisboa⁸ descreveu em detalhe a composição e estrutura ideais da agulha, demonstrando um conhecimento sistemático sobre o seu fabrico e funcionamento.

A agulha era formada por dois ferros — lâminas de ferro ou aço, pontiagudas e abauladas no centro — unidas pelas pontas. Como não eram imanes permanentes, exigiam imantação periódica com uma pedra magnética natural, designada “pedra de cevar”. João de Lisboa aconselhava ainda que se utilizassem agulhas de grandes dimensões, tanto quanto possível homogêneas em forma e peso: “a maior que se puder fazer”, e que fosse “bem compassada”.

A precisão da leitura dependia da correspondência geométrica entre a agulha e a caixa: “E esta agulha há-de ser tamanha que há-de andar junta com a

⁸ Albuquerque, *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*, 14–16.

extremidade da caixa, para bem apontar pelas quartas que são feitas ao longo da redondeza da caixa”. Além disso, a caixa cilíndrica onde a rosa era inserida devia ser “terçada” — isto é, dividida em 32 partes iguais — para corresponder às quartas da rosa-dos-ventos: “Esta caixa há-de ser terçada por dentro da redondeza, por cima e por baixo, em 32 partes iguais, para que estas quartas respondam às quartas da rosa, silicet, rumo com rumo e quarta com quarta; e não respondendo, como dito é, será falsa [...] e será tudo falso” ⁹. Estes detalhes revelam que, já na época de João de Lisboa, os pilotos portugueses possuíam um elevado grau de exigência técnica na construção da agulha de marear. A precisão na correspondência entre os elementos do instrumento visava garantir a fiabilidade das leituras em navegação oceânica, onde os erros de rumo podiam ter consequências drásticas.

A agulha de marear viria a tornar-se indispensável na navegação em mar aberto, contribuindo decisivamente para a autonomia dos pilotos portugueses em rotas oceânicas. A sua utilização, articulada com cartas-portulano e roteiros náuticos, estabeleceu um novo paradigma na arte de navegar — menos dependente da costa e mais orientado por instrumentos.

1.2.2. O astrolábio náutico

O astrolábio náutico foi um dos instrumentos de observação astronómica mais utilizados durante a expansão marítima portuguesa. Derivado do astrolábio astronómico planisférico usado pelos astrónomos medievais, foi progressivamente simplificado para atender às necessidades práticas da navegação em mar aberto.

⁹ Luís Albuquerque, “A Bússola e a Declinação Magnética” in *Estudos de História*, IV, Acta Universitatis Conimbrigensis (Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra, 1976), 115.

Segundo Luís de Albuquerque¹⁰, os navegadores simplificaram os modelos existentes, eliminando elementos considerados supérfluos, como escalas auxiliares e decorações zodiacais, mantendo apenas as peças úteis para medir alturas ou distâncias zenitais dos astros.

“O astrolábio náutico acabou por ficar reduzido a uma coroa circular ou a um círculo graduado, em latão ou madeira, à mediclina (também chamada alidade ou dioptra) e ao anel de suspensão”¹¹.

Esses elementos formavam um instrumento robusto, adaptado às condições adversas do mar. A graduação nem sempre cobria toda a circunferência: alguns exemplares, como o do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, apresentavam apenas duas secções graduadas em quadrantes opostos, ambas dotadas de nónio¹².

A leitura da altura do Sol ou de uma estrela era feita fazendo passar um raio de luz através dos orifícios das pínulas colocadas nas extremidades da alidade, enquanto o instrumento era mantido suspenso pelo anel. Esta operação permitia determinar o ângulo entre o astro e o horizonte, essencial para o cálculo da latitude. Contudo, o uso do astrolábio náutico estava longe de ser perfeito. Os navegadores estavam sujeitos aos movimentos do navio, o que afetava a estabilidade da medição. Luís de Albuquerque ¹³ reconhece que, apesar da confiança depositada nestes instrumentos, muitos pilotos desconfiavam das leituras obtidas em más condições de tempo ou mar agitado.

¹⁰ Luís Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:57–58.

¹¹ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 4.

¹² Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 4.

¹³ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 8.

Apesar dessas limitações, o astrolábio náutico foi uma das principais ferramentas na transição entre uma navegação costeira empírica e uma navegação astronómica mais sistemática. O seu desenvolvimento refletiu a capacidade dos construtores portugueses em adaptar o conhecimento astronómico à prática marítima, criando instrumentos mais simples e robustos, adequados ao quotidiano dos pilotos em alto-mar.

1.2.3. Quadrante náutico

O quadrante náutico, tal como o astrolábio, foi simplificado a partir de modelos astronómicos anteriores para melhor servir as necessidades dos navegadores em mar aberto. “[...] o quadrante náutico [reduziu-se] a um sector de quarto de círculo, graduado perifericamente, às duas pínulas para as pontarias e ao fio de prumo”¹⁴. Este instrumento era manuseado segurando-o verticalmente, alinhando as pínulas com o astro observado. O fio de prumo indicava, na escala circular, o ângulo da altura do Sol ou da estrela sobre o horizonte. Essa medição permitia determinar a latitude, especialmente quando realizada ao meio-dia solar ou com a Estrela Polar.

No entanto, como sucedia com outros instrumentos de alturas, o quadrante apresentava dificuldades de uso em mar agitado. O movimento do navio dificultava a leitura precisa e exigia perícia por parte do piloto. Não obstante, a sua simplicidade estrutural e facilidade de construção tornavam-no uma alternativa prática ao astrolábio, sobretudo em embarcações mais pequenas ou instáveis.

A evidência iconográfica confirma o uso deste instrumento por navegadores

¹⁴ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 4.

ibéricos desde o século XV, como se verifica em cartas náuticas de Diogo Ribeiro, onde são representados quadrantes dotados de linhas auxiliares e “quadrado geométrico”. Estas representações sugerem que, nos primeiros tempos, coexistiram versões mais elaboradas com modelos náuticos simplificados¹⁵.

1.2.4. Balestilha

A balestilha, também conhecida por alguns autores como rádio astronómico ou báculo de Jacob, foi um instrumento de observação angular utilizado sobretudo para medições de altura dos astros em navegação astronómica. A sua origem permanece incerta, havendo quem aponte influências árabes (derivado de balisti = altura), como a de Azarquiel, e outros que a associam à Antiguidade grega, atribuindo a invenção a Arquimedes ou Hiparco¹⁶.

A estrutura da balestilha era simples: consistia numa régua graduada com uma ou mais travessas móveis (virotas), que o piloto deslizava até estas interceptarem visualmente o horizonte e o astro observado. Com esse alinhamento, a altura angular podia ser deduzida com base na posição do virote na haste principal¹⁷. A operação era feita com o instrumento encostado à face¹⁸, mantendo um olho fechado, o que exigia alguma prática.

Apesar da sua simplicidade, o seu uso só se generalizou mais tarde. O *Livro de Marinharia* de João de Lisboa contém talvez a mais antiga referência ao uso da

¹⁵ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 3–4.

¹⁶ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 11–12.

¹⁷ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 31–32.

¹⁸ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 44.

balestilha por pilotos portugueses, embora sem data certa. É possível situar essa menção no primeiro quartel do século XVI, não muito depois de 1514. No entanto, documentos mostram que, já em 1529, havia balestilhas a bordo de navios portugueses, sendo referidas como parte do equipamento capturado por corsários franceses¹⁹.

A confirmação do uso do instrumento por D. João de Castro e Pedro Nunes reforça a sua importância na náutica portuguesa. Este último menciona explicitamente a balestilha no *Tratado da Esfera* (1537), enquanto D. João de Castro faz referência ao instrumento numa nota manuscrita ao *Roteiro de Lisboa a Goa*, datada de 1545²⁰.

Embora o seu uso fosse comum entre navegadores portugueses na segunda metade do século XVI, continuaram a existir dúvidas quanto à sua eficácia. As medições com balestilha estavam sujeitas a erros em mar agitado, e muitos cosmógrafos do período mantiveram opiniões divergentes sobre a sua fiabilidade e utilidade prática²¹.

1.2.5. A toleta de marteloio

A toleta de marteloio, também conhecida por “raxon”, era um conjunto de tabelas trigonométricas práticas utilizadas pelos navegadores para calcular o avanço real de uma embarcação que se desviava do rumo direto, seja por

¹⁹ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 15–16.

²⁰ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 16.

²¹ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 38–41.

necessidade de bolinar contra o vento, seja por evitar obstáculos no percurso²².

A sua aplicação resolvia um problema recorrente na navegação costeira e atlântica: como determinar a distância efetivamente avançada em direção ao destino, quando a embarcação navegava em rumos oblíquos. O piloto, conhecendo o rumo pretendido (linha AA') e sendo forçado a navegar inicialmente por outro rumo (linha AB), utilizava a toleta para calcular duas distâncias: o "alargar" (BB'), que representa o afastamento lateral em relação ao rumo ideal, e o "avançar" (AB'), que corresponde à projeção da navegação realizada sobre a linha direta do percurso desejado²³.

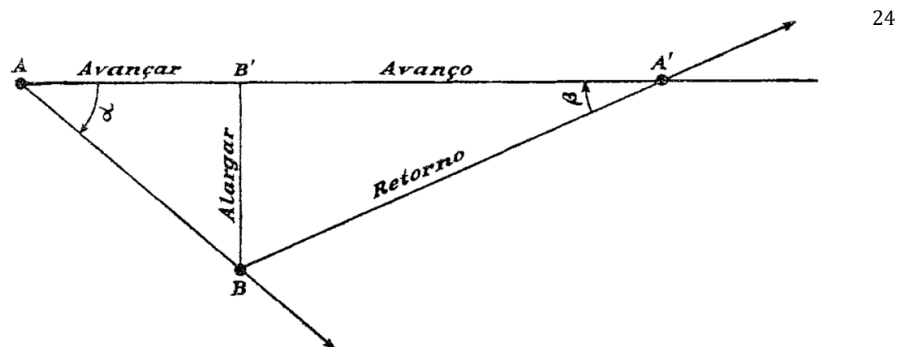


Figura 1: Navegação à bolina e toleta de marteloio.

Uma segunda tabela, chamada de "avanço de retorno", era utilizada para calcular o retorno à linha do rumo direto, com base na distância de afastamento e no novo rumo adotado (linha BA'). A aplicação destas duas tabelas permitia definir

²² Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 166.

²³ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 166.

²⁴ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 166, fig.42.

com precisão o ponto teórico onde a embarcação voltaria a interceptar o percurso ideal²⁵.

A origem da toleta é controversa, dividindo os autores entre uma filiação italiana e outra maiorquina. Os poucos documentos conhecidos que incluem tais tabelas são italianos e datam do século XV, nomeadamente o códice de G. Benincasa (1435–1445). Contudo, há indícios de que a ideia terá surgido antes, já no século XIV, possivelmente inspirada em problemas abordados na *Ars Magna* de Ramón Lull, como sugerido por Armando Cortesão²⁶.

Embora os seus valores pudessem ser obtidos por via trigonométrica — como mostram os cálculos para construir as tabelas com base em funções trigonométricas elementares — é provável que os primeiros pilotos tenham utilizado procedimentos gráficos para obter os resultados desejados, dada a tradição prática da navegação medieval²⁷.

1.2.6. As cartas-portulano e a rosa-dos-ventos

As cartas-portulano surgiram como representação gráfica dos dados contidos nos portulanos²⁸. Elaboradas a partir da prática empírica, consistiam em mapas costeiros sobre os quais eram traçadas redes de linhas de rumo (linhas loxodrómicas), formando as chamadas rosas-dos-ventos²⁹. Estas cartas não

²⁵ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 167.

²⁶ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 168.

²⁷ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 167.

²⁸ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:8 e 59; Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 10.

²⁹ Artur Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De

seguiram uma projeção matemática rigorosa, mas eram suficientemente eficazes para a navegação costeira e para a orientação com a agulha de marear ³⁰.

A fiabilidade destas cartas residia na sua correção náutica, apesar da sua inexatidão geográfica, como observa Albuquerque³¹. À medida que os navegadores portugueses se afastaram da costa e começaram a usar a latitude como referência, tornou-se necessário acrescentar escalas de latitude às cartas, o que acabaria por evidenciar a crise da cartografia tradicional, ainda baseada em sistemas empíricos de observação³².

1.3. A Navegação Astronómica

A introdução da navegação astronómica constituiu uma das mais significativas transformações da ciência náutica portuguesa no século XVI. Esta técnica, baseada na observação e medição dos astros, sobretudo da Estrela Polar e do Sol, permitiu aos navegadores ultrapassar as limitações da navegação costeira e orientarem-se em mar aberto com maior rigor³³. A transição para este novo paradigma não foi imediata nem linear, mas decorreu de uma acumulação de necessidades práticas que impuseram a adoção de soluções cada vez mais científicas.

Castro» (Tese de Mestrado em História dos Descobrimentos Portugueses, Universidade de Lisboa - Faculdade de Letras, 2008), 38.

³⁰ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:8.

³¹ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:8.

³² Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:15.

³³ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 11.

1.3.1. A observação da Estrela Polar

A Estrela Polar foi o primeiro astro utilizado com propósito náutico rigoroso³⁴, servindo como referência para a determinação da latitude no hemisfério norte³⁵. A técnica consistia em medir a altura angular da estrela acima do horizonte, geralmente com o quadrante ou o astrolábio náutico, e compará-la com a altura correspondente a uma localidade de referência (Lisboa ou a ilha da Madeira, por exemplo). A diferença angular permitia calcular a distância em léguas entre a posição do navio e o local de referência, assumindo o valor padrão de 16 2/3 léguas por grau de meridiano³⁶.

Esta prática, descrita já em meados do século XV, foi gradualmente aperfeiçoada. Os pilotos passaram a registrar, nas tábuas dos seus instrumentos, as alturas correspondentes a diversos portos frequentes, bem como a utilizar gráficos com as oito posições principais da Estrela Polar, associadas aos rumos da rosa-dos-ventos, de modo a compensar dias nublados ou horários de difícil observação³⁷.

No entanto, a utilização da Estrela Polar apresentava limitações importantes. A mais evidente era a sua invisibilidade no hemisfério sul, o que a tornava inutilizável em muitas das rotas abertas pelos portugueses na costa africana e no Oceano Índico³⁸. Esta dificuldade viria a ser ultrapassada com o recurso a um novo

³⁴ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 3.

³⁵ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 432.

³⁶ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:35–38.

³⁷ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:38–39; Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 455.

³⁸ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:44.

método de observação.

1.3.2. A passagem meridiana do Sol

Perante as limitações da Estrela Polar, os navegadores portugueses passaram a utilizar o Sol como referência principal para a medição da latitude, por meio da passagem meridiana, ou seja, o momento do dia em que o Sol atinge a sua maior altura no céu (culminação). A altura meridiana era medida com um astrolábio ou quadrante³⁹ e, uma vez obtido esse valor, os pilotos procediam ao cálculo da latitude através da adição ou subtração da declinação solar correspondente, consoante a posição relativa do Sol e do observador em relação ao equador⁴⁰.

A declinação solar, que varia ao longo do ano, era fornecida por tábuas astronómicas redigidas por cosmógrafos e aritméticos⁴¹, integradas em manuais práticos como o *Regimento do Sol*, que apresentava as regras operacionais para cada caso específico⁴². Este método, simultaneamente preciso e acessível, foi progressivamente adotado pelos navegadores portugueses, estando já em ensaio na costa africana em 1485 por Mestre José Vizinho e em pleno uso por Bartolomeu Dias na expedição de 1488, como atesta a tradição historiográfica⁴³.

A sua eficácia era particularmente relevante nas regiões tropicais e no hemisfério sul, onde a Estrela Polar deixava de ser visível. Ao contrário da estrela

³⁹ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 3.

⁴⁰ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 12.

⁴¹ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:54.

⁴² Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 12.

⁴³ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:52.

do norte, o Sol apresentava-se como um referencial universal e previsível, cuja observação era viável em qualquer latitude, o que conferia grande versatilidade a este sistema.

Em contraste com este modelo consolidado, menciona-se por vezes a existência de "pautas do Sol" — tábuas que indicavam a altura meridiana do Sol para cada dia do ano numa latitude específica, como Lisboa⁴⁴. Contudo, este método, de aplicação complexa e pouco adaptado à navegação oceânica, terá tido um uso limitado. De facto, como observa Luís de Albuquerque⁴⁵, embora os chamados *Almanaques Portugueses de Madrid* contivessem dados semelhantes, não há evidência clara de que estes tenham desempenhado um papel relevante na náutica astronómica, dado que "a navegação, tal como era praticada nesse tempo, o não exigia". A necessidade de dispor de tábuas extensas e específicas para cada localidade tornava este sistema impraticável para uso a bordo, sendo rapidamente suplantado pelo método baseado na declinação solar, cuja simplicidade e operacionalidade o tornaram dominante ao longo dos séculos XVI a XVIII.

1.3.3. Método alternativo: a comparação de alturas

Antes da sistematização dos métodos baseados na observação meridiana do Sol e da consolidação das tábuas solares, os navegadores portugueses recorreram a técnicas astronómicas mais simples, entre as quais se destaca a comparação de alturas da Estrela Polar. Esta técnica consistia em medir, com o astrolábio ou o quadrante, a altura angular da estrela sobre o horizonte em dois momentos distintos da viagem. A diferença entre essas alturas permitia estimar a distância percorrida no sentido norte-sul, o que oferecia uma referência aproximada para

⁴⁴ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:41.

⁴⁵ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:41.

avaliar alterações na latitude⁴⁶.

O princípio da comparação de alturas já se encontra formulado na tradição escolástica europeia, sendo referido por Johannes de Sacrobosco na sua obra *Tratatus de Sphaerae*, amplamente difundida entre os séculos XIII e XVI⁴⁷. No entanto, só com os avanços da náutica ibérica é que este método ganhou aplicação prática sistemática no mar. A partir da década de 1430–1440, os pilotos portugueses começaram a aplicar este procedimento na navegação atlântica⁴⁸, especialmente nas viagens ao longo da costa ocidental africana ou aos arquipélagos dos Açores e Madeira, onde a ausência de pontos de referência visuais tornava indispensável a observação do céu para orientar a derrota.

Apesar da sua simplicidade, o método apresentava várias limitações. A Estrela Polar não coincide exatamente com o pólo celeste e descreve, por isso, um pequeno círculo aparente em torno dele ao longo da noite⁴⁹. Para garantir a fiabilidade da medição, era necessário observar a estrela sempre na mesma fase do seu percurso aparente – ou seja, à mesma hora ou com recurso a uma estimativa do momento em que se encontrava na sua máxima altura⁵⁰. Essa exigência introduzia margens de erro consideráveis, especialmente em contextos de mar agitado ou visibilidade reduzida.

Ainda assim, a comparação de alturas constituiu uma inovação prática

⁴⁶ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 599.

⁴⁷ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:30–31.

⁴⁸ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:39.

⁴⁹ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 11.

⁵⁰ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:35–36; Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 137.

decisiva na primeira fase da expansão portuguesa. Foi o primeiro método que permitiu, mesmo com os meios disponíveis no século XV, um controle relativamente sistemático da posição do navio em latitude⁵¹, antecipando os desenvolvimentos mais rigorosos que viriam com o uso das tábuas solares e das observações meridianas no século XVI.

1.3.4. A importância da navegação astronómica para a náutica portuguesa

A introdução da navegação astronómica representou a passagem de um modelo empírico para um sistema baseado em princípios científicos e observações sistemáticas. Como refere Albuquerque⁵², foi essa capacidade de medir, comparar, registar e interpretar os fenómenos celestes que permitiu aos navegadores portugueses ampliar os seus horizontes com segurança e precisão.

A conjugação da prática com o saber teórico – mediado por astrólogos, cosmógrafos e físicos ao serviço da Coroa – permitiu transformar a navegação num campo técnico-científico, com repercussões profundas na cartografia, na construção naval e na formação dos pilotos. A náutica portuguesa do século XVI tornou-se, assim, uma referência no contexto europeu e mundial, fruto de uma longa maturação onde a Astronomia desempenhou um papel central.

1.4. O Impacto da Ciência Náutica nos Descobrimentos

O progresso da ciência náutica portuguesa no século XVI teve um impacto decisivo no sucesso dos Descobrimentos e na consolidação de Portugal como

⁵¹ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:35–36.

⁵² Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

potência marítima global. A articulação entre experiência prática, inovação técnica e conhecimento astronómico permitiu aos navegadores portugueses realizar viagens transoceânicas com um grau de precisão e regularidade sem precedentes na Europa. Este avanço traduziu-se na criação de um saber náutico específico, de carácter cumulativo e adaptável, que viria a influenciar outras nações europeias nos séculos seguintes.

1.4.1. A formação de um saber técnico aplicado à navegação

O desenvolvimento da ciência náutica portuguesa assentou na convergência entre prática e teoria. Os pilotos e navegadores, dotados de experiência empírica acumulada, trabalhavam em estreita colaboração com cosmógrafos, astrónomos e matemáticos, que se encarregavam de traduzir os problemas observados no mar em modelos e soluções científicas⁵³. Esta dinâmica permitiu a sistematização de procedimentos náuticos, a criação de manuais de pilotagem e a normalização do uso de instrumentos como o astrolábio, o quadrante e a agulha de marear.

A Casa da Guiné e da Índia, e posteriormente a Casa da Índia, assumiram um papel central nesse processo, funcionando como centros de receção, validação e difusão do saber náutico. Nestas instituições, recolhiam-se relatos de viagem, realizavam-se observações astronómicas e cartográficas, e testavam-se instrumentos. O conhecimento adquirido nas viagens era tratado e devolvido aos pilotos sob a forma de instruções práticas, cartas de navegação e tabelas astronómicas⁵⁴.

⁵³ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

⁵⁴ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

1.4.2. A observação empírica como motor do conhecimento

A náutica portuguesa não resultou de uma aplicação direta da ciência teórica, mas antes de um processo de observação metódica e interpretação empírica. Como observa Albuquerque⁵⁵, os pilotos portugueses não eram cientistas no sentido moderno, mas observadores atentos da natureza, capazes de registrar com rigor fenómenos como o comportamento da agulha magnética, a variação das correntes ou as alterações da posição dos astros.

Foi precisamente esta atitude de interrogação sistemática da experiência, aliada à prática repetida, que conduziu ao aperfeiçoamento da navegação. A contribuição dos navegadores portugueses para a ciência do seu tempo é, assim, inseparável da sua atividade concreta no mar e da vontade de resolver problemas práticos, como o cálculo da latitude, a estima da posição ou a orientação em mar aberto.

1.4.3. O contributo de D. João de Castro para o estudo do magnetismo

Entre as figuras mais notáveis da náutica portuguesa do século XVI, destaca-se D. João de Castro, que combinou a experiência de comando naval com um interesse ativo pela investigação científica. As suas obras, como o *Roteiro do Mar Roxo*, contêm observações sistemáticas sobre a declinação magnética, fenómeno que até então era apenas vagamente conhecido⁵⁶.

D. João de Castro foi pioneiro ao medir o desvio da agulha magnética em diversos pontos do globo, associando os dados recolhidos à posição geográfica e introduzindo o conceito de uma declinação variável em função do local. Como

⁵⁵ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

⁵⁶ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

refere Albuquerque⁵⁷, trata-se de uma das primeiras tentativas conscientes de estudar o magnetismo terrestre com base em dados empíricos e com uma clara intenção científica.

Este esforço insere-se num movimento mais amplo de instrumentalização da experiência náutica, no qual os relatos de viagem passaram a ser fontes de informação científica e as rotas marítimas laboratórios móveis onde se experimentavam hipóteses e instrumentos. A ciência náutica portuguesa abriu, assim, caminho a uma nova forma de conhecimento: aquela que nasce da prática, mas que se estrutura com base em critérios de rigor, repetição e observação crítica.

1.4.4. A ciência náutica como fator de sucesso da expansão marítima

A superioridade náutica portuguesa não se deveu exclusivamente à construção naval, ao conhecimento dos ventos e das correntes ou à posse de boas cartas marítimas. Deve-se, sobretudo, à capacidade de sistematizar a experiência, transformando-a em procedimentos transmissíveis, verificáveis e adaptáveis. Esta abordagem tornou a navegação portuguesa mais eficiente, menos dependente de condições favoráveis e mais resiliente a imprevistos.

Como conclui Albuquerque⁵⁸, “foi esse saber empírico progressivamente racionalizado que deu à náutica portuguesa a superioridade de que dependeu o sucesso da expansão”. O impacto da ciência náutica não se esgotou, portanto, no domínio técnico; ele estendeu-se à política, à economia e à geografia do mundo moderno, abrindo novas possibilidades de circulação, de conhecimento e de contacto entre povos.

⁵⁷ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

⁵⁸ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

Este primeiro capítulo procurou estabelecer as bases históricas, técnicas e científicas da náutica portuguesa no século XVI, de modo a contextualizar o papel desempenhado por D. João de Castro na investigação do magnetismo terrestre – tema central da presente dissertação. Nos capítulos seguintes, analisar-se-á com maior detalhe o contributo específico de Castro, a natureza das suas observações magnéticas e a sua originalidade no quadro da ciência europeia da época.

Capítulo 2 — Declinação Magnética e Magnetismo Terrestre

2.1. Introdução ao Magnetismo Terrestre

O conhecimento do magnetismo terrestre foi-se desenvolvendo lentamente ao longo da história, tendo sido inicialmente explorado de forma empírica. As propriedades da magnetite — a chamada “pedra de íman” — eram já conhecidas desde a Antiguidade, tanto no Oriente como no Ocidente, mas foi na Europa medieval que se deu a transição para a sua aplicação prática sistemática através da agulha de marear, instrumento que viria a revolucionar a navegação⁵⁹.

A utilização da agulha magnetizada a bordo dos navios é atestada desde finais do século XIII, embora a sua origem exata ainda hoje divida os historiadores. Aceita-se, por conveniência cronológica, que por volta de 1300 a bússola já era usada pelos marinheiros europeus, e que, no final do século XV, o fenómeno da declinação magnética — a diferença entre o norte geográfico e o norte magnético — já era conhecido, mesmo que de forma ainda pouco sistematizada⁶⁰.

A observação de que a agulha de marear não apontava sempre exatamente para o norte verdadeiro gerou perplexidade entre os navegadores. Segundo testemunhos como o de D. João de Castro, a identificação de locais onde a agulha não apresentava variação, como o Cabo das Agulhas, localizado no extremo sul do continente africano, foi interpretada como sinal de um fenómeno natural relevante. No seu *Roteiro de Lisboa a Goa*, Castro menciona que "este cabo das agulhas he o lugar onde os pilotos tem por máxima que as suas agulhas não varião cousa

⁵⁹ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

⁶⁰ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

alguma"⁶¹. A coincidência desse ponto de variação nula com um marco geográfico de grande notoriedade, reforçava a importância prática e simbólica do Cabo das Agulhas no contexto da Carreira da Índia.

O século XVI assistiu a um aumento significativo do interesse pela sistematização das observações magnéticas, particularmente por parte dos navegadores portugueses. Os pilotos, através de medições sucessivas feitas em diferentes locais, perceberam que a declinação variava conforme a posição geográfica. Estas observações foram fundamentais para o posterior desenvolvimento das teorias sobre o magnetismo terrestre, como se verifica na obra de William Gilbert, que utilizou medições feitas por marinheiros portugueses na sua obra *De Magnete* (1600), e na do flamengo Simon Stevin, que também registou valores portugueses no seu tratado *De Havenvinding* ⁶².

Outro exemplo notável da consciência magnética precoce em Portugal é o *Tratado da Agulha de Marear*, atribuído a João de Lisboa, datado de 1514. Nesta obra, encontra-se uma das mais antigas descrições conhecidas de um procedimento destinado a medir a declinação magnética, através da comparação entre o rumo apontado pela agulha e a direção real conhecida de uma estrela ou ponto geográfico⁶³.

Este conjunto de observações e práticas pioneiras — desenvolvidas num contexto de exploração marítima global — consolidou Portugal como uma referência no estudo empírico do magnetismo terrestre. Este facto seria

⁶¹ Armando Cortesão e Luís Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro* (Academia Internacional da Cultura Portuguesa, 1968), 1:198.

⁶² Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:129.

⁶³ Albuquerque, *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*.

reconhecido tanto por autores contemporâneos como por estudiosos posteriores, que viram na náutica portuguesa uma verdadeira “escola” de observação magnética antes do aparecimento das primeiras explicações científicas formais.

2.2. Conceitos fundamentais

O estudo do magnetismo terrestre aplicado à navegação requer uma clarificação rigorosa de certos conceitos-chave que, embora utilizados frequentemente de forma prática pelos pilotos dos séculos XV e XVI, apenas mais tarde viriam a ser sistematizados do ponto de vista científico. Entre os mais relevantes encontram-se os conceitos de norte geográfico, norte magnético, declinação magnética e inclinação magnética.

- Norte geográfico e norte magnético

O norte geográfico, também conhecido como norte verdadeiro, corresponde à direção do eixo de rotação da Terra, ou seja, ao ponto fixo no qual todos os meridianos convergem no hemisfério norte. Em contrapartida, o norte magnético é a direção para a qual aponta a extremidade norte de uma agulha magnetizada livre de interferências externas, orientando-se segundo as linhas do campo magnético terrestre.

O norte geográfico e o norte magnético correspondem a pontos distintos na superfície terrestre, razão pela qual, salvo em regiões muito específicas, a direção indicada pela bússola não coincide com o verdadeiro norte. A discrepância entre ambos dá origem ao fenómeno designado por declinação magnética.

Declinação Magnética (D)

A declinação magnética é a diferença angular entre o norte geográfico — ou verdadeiro —, que corresponde à direção dos meridianos terrestres, e o norte magnético, para onde aponta a agulha de uma bússola em condições ideais. Esta diferença, expressa em graus, pode ser oriental (positiva) quando o norte magnético está a leste do norte geográfico, ou ocidental (negativa) quando está a

oeste. Em Portugal, a declinação magnética tem sido historicamente negativa — indicando que o norte magnético se encontra a oeste do norte geográfico — embora o seu valor varie tanto no tempo como no espaço ⁶⁴.

Este fenómeno, já identificado empiricamente por navegadores como João de Lisboa e sistematicamente estudado por D. João de Castro, introduzia um erro potencial nas rotas magnéticas, obrigando à sua correção para garantir precisão nos percursos oceânicos⁶⁵.

Inclinação Magnética (I)

A inclinação magnética refere-se ao ângulo entre o plano horizontal e a linha do campo magnético da Terra no ponto de observação. Este ângulo varia entre +90° (vertical descendente no polo magnético norte), 0° (horizontal na linha do equador magnético) e -90° (vertical ascendente no polo magnético sul). Em Portugal, os valores atuais situam-se em torno de 54° no continente e nos Açores, e aproximadamente 45° na Madeira⁶⁶.

Embora os navegadores portugueses do século XVI não dispusessem de instrumentos que permitissem medir diretamente este ângulo, observavam as suas consequências práticas, nomeadamente a instabilidade da agulha em certas latitudes. Há registos de precauções tomadas para evitar leituras em locais onde a inclinação parecia afetar a bússola, o que demonstra uma percepção funcional,

⁶⁴ IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosfera, «Geomagnetismo», Enciclopédia IPMA, 2025, <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/geofisica/geomagnetismo/index.html> Data de Consulta: 14/05/2025.

⁶⁵ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1; Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*.

⁶⁶ IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosfera, «Geomagnetismo» Data de Consulta: 14/05/2025.

ainda que não teorizada, deste fenómeno⁶⁷.

Desvio da Agulha (d)

O desvio da agulha é a diferença angular entre o norte magnético e a direção real da agulha de marear, provocada por interferências locais, como a presença de ferro nas estruturas do navio, ou outras fontes de magnetização a bordo. Embora este tipo de desvio seja mais relevante na navegação moderna (com embarcações metálicas), já no século XVI se notavam anomalias no comportamento da agulha associadas a embarcações específicas ou à proximidade de materiais magnéticos⁶⁸. Estas observações, mesmo sem compreensão teórica, levavam à verificação e eventual compensação empírica da agulha.

Variação Magnética (V)

A variação magnética resulta da soma da declinação magnética (D) com o desvio da agulha (d). Trata-se, portanto, da diferença total entre o norte geográfico e a direção real apontada pela agulha de marear a bordo de uma embarcação. A fórmula $V = D + d$ permite representar esse desvio total, embora tal expressão matemática só tenha sido formalizada posteriormente.

No entanto, já no século XVI, os navegadores portugueses demonstravam consciência da existência de desvios nos rumos indicados pela agulha de marear, ajustando as suas navegações com base na declinação magnética observada em diferentes locais. Embora o conceito moderno de variação magnética, entendido como a soma da declinação e do desvio provocado por interferências locais no navio, só tenha sido formalizado mais tarde, as observações empíricas registadas por autores como D. João de Castro indicam uma percepção prática dessas

⁶⁷ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

⁶⁸ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

anomalias, revelando um notável grau de sofisticação na tradição náutica portuguesa.

Variação temporal e espacial da declinação

Uma das características mais complexas da declinação magnética é a sua variabilidade tanto espacial como temporal. A declinação não é constante, mas muda com o local e com o tempo, devido à dinâmica interna do campo magnético terrestre⁶⁹. Tal comportamento era intuitivamente compreendido pelos navegadores portugueses, que registavam valores distintos em diferentes portos e rotas, o que levou à percepção da necessidade de uma cartografia magnética.

É neste contexto que D. João de Castro se destaca como o primeiro navegador a compilar um conjunto coerente de dados magnéticos observados no mar, articulando-os com a posição geográfica dos navios e contribuindo para o reconhecimento da natureza sistemática da declinação magnética⁷⁰.

2.3. Implicações náuticas da declinação magnética

A declinação magnética tem profundas implicações práticas na navegação, principalmente para os navegadores que dependiam da agulha de marear para orientar os seus rumos em alto-mar. Sem o conhecimento do fenómeno da

⁶⁹ IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosfera, «Geomagnetismo» Data de Consulta: 14/05/2025.

⁷⁰ Luís Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, Secção de Coimbra, Agrupamento de Estudos de Cartografia Antiga, XLIV (Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1970); Luís Filipe Barreto, *O Problema Do Conhecimento Na Sphaera De D. João De Castro*, Centro de Estudos de História e Cartografia Antiga 174 (Instituto de Investigação Científica Tropical, 1985).

declinação magnética e das suas variações, as leituras obtidas com a agulha poderiam resultar em desvios significativos, afetando a precisão das rotas e, conseqüentemente, a segurança das expedições marítimas.

Problemas causados pela declinação na leitura da agulha de marear

O fenómeno da declinação magnética gerava erros sistemáticos nos cálculos de rumo, uma vez que a agulha de marear indicava apenas o norte magnético, não o norte geográfico. Este erro era especialmente problemático durante as viagens de longo curso, quando os navegadores se afastavam da costa e não podiam recorrer a pontos de referência visíveis. A falta de correção das leituras da agulha significava que, ao longo de uma jornada, o erro se acumulava, o que podia resultar em desvios importantes da rota pretendida.

D. João de Castro, que se destacou na sistematização do conhecimento sobre a declinação magnética, relatou, em vários de seus Roteiros, as diferenças na leitura da agulha magnética dependendo da localização geográfica. Ele não só descreveu essas variações como também foi pioneiro ao associá-las à declinação magnética⁷¹. A sua pesquisa representou um grande avanço no entendimento de como a declinação variava de acordo com a região visitada pelos navegadores, permitindo-lhes ajustar os rumos de forma mais precisa.

Casos práticos de erros de rumo e desvio em navegação oceânica

Na prática, os erros derivados da declinação magnética eram particularmente evidentes nas longas viagens transoceânicas, como as realizadas para a costa africana ou as expedições ao Brasil e à Índia. Em certos momentos, especialmente no Atlântico Sul, os desvios causados pela declinação tornavam-se suficientemente grandes para afetar a precisão das cartas náuticas e até comprometer a segurança

⁷¹ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

das rotas⁷².

Por exemplo, durante as viagens para o Brasil, os pilotos portugueses enfrentaram dificuldades em manter o rumo devido à variação da declinação, o que foi particularmente crítico nas áreas mais afastadas da costa. Em alto mar, a ausência de referências terrestres faz com que o erro acumulado de estima seja significativo. Desta forma, as observações astronómicas (Sol/estrelas) eram essenciais para recalibrar a derrota. No entanto, estas observações nem sempre eram fiáveis, já que fatores como a nebulosidade, o movimento constante do navio e as limitações dos instrumentos dificultavam medições precisas. Neste contexto, a constante necessidade de ajustar a leitura da agulha para compensar a declinação foi uma das razões pelas quais a precisão da navegação portuguesa foi mais aprimorada ao longo das décadas, com o registro contínuo da declinação em portulanos e cartas náuticas⁷³.

Necessidade de correção dos rumos magnéticos nas cartas náuticas

As cartas náuticas portuguesas do século XVI começaram progressivamente a refletir a necessidade de correção dos rumos magnéticos. Já João de Lisboa, no seu *Tratado da Agulha de Marear* (1514), referia os erros resultantes de os pilotos navegarem apenas pelos rumos indicados pela bússola, sem corrigir a declinação magnética, levando a imprecisões acumuladas nas cartas de marear⁷⁴. Este mesmo erro é salientado por D. João de Castro na sua *Notação Famosa e Mui Proveitosa*. Desta forma, durante o século XVI, as cartas, como as cartas-portulano, passaram

⁷² Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*.

⁷³ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

⁷⁴ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 13.

progressivamente a incorporar não apenas informações sobre a navegação costeira, mas também sobre os rumos magnéticos a serem seguidos para chegar a certos destinos, com correções para as variações da declinação magnética.

O impacto de tais descobertas, registradas por D. João de Castro e outros navegadores, foi imenso na precisão das futuras viagens e no desenvolvimento de métodos de navegação cada vez mais científicos. A correção das leituras da agulha foi um passo crucial para a construção das cartas náuticas modernas e ajudou a reduzir os erros acumulados durante longas viagens oceânicas⁷⁵.

2.4. Soluções práticas adotadas pelos navegadores

A consciência dos desvios provocados pela declinação magnética impôs aos navegadores do século XVI a necessidade de formular respostas práticas para minimizar os seus efeitos durante a navegação oceânica. Sem dispor ainda de um modelo teórico completo sobre o magnetismo terrestre, os pilotos recorreram sobretudo a métodos empíricos de correção, desenvolvidos com base na experiência e na observação sistemática.

Observação direta e comparação com astros

Uma das soluções mais adotadas consistia na comparação entre o rumo magnético indicado pela agulha e a direção conhecida de corpos celestes, como a Estrela Polar ou o Sol no momento da sua passagem meridiana. Mais do que um procedimento destinado a corrigir imediatamente a derrota, a medição da declinação magnética funcionava sobretudo como um elemento suplementar que ajudava os pilotos a identificar a posição do navio em alto mar. João de Lisboa, no seu *Tratado da Agulha de Marear*, propõe precisamente este tipo de método como

⁷⁵ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

meio de aferir o afastamento do meridiano verdadeiro, antecipando uma prática que se tornaria comum entre os pilotos portugueses⁷⁶.

Registos sistemáticos e construção de regimentos

Com o aumento da frequência e da duração das viagens oceânicas, tornou-se prática corrente anotar os valores observados da declinação magnética em pontos específicos da rota, associando-os a latitudes ou a referências costeiras. Esses registos passam a surgir de forma recorrente em roteiros e diários de bordo. Por um lado, os registos da declinação magnética permitiam prever e compensar o desvio esperado da agulha em determinadas zonas marítimas. Por outro, serviam como elementos auxiliares de localização em alto mar.

D. João de Castro levou esta prática a um novo patamar ao incluir, nos seus Roteiros, uma série de observações meticulosamente anotadas sobre o comportamento da agulha em locais como o Mar Vermelho, o Golfo de Omã e a costa indiana. A sua abordagem baseava-se numa metodologia consistente, na qual o valor da declinação era medido repetidamente e com cruzamento de referências, evidenciando uma clara intenção de sistematização científica⁷⁷.

Tentativas de localização de zonas sem declinação

Outra estratégia, relatada por diversos autores portugueses, consistia na identificação de locais onde a agulha de marear não apresentava variação aparente. Um exemplo particularmente significativo é, o já referido, Cabo das Agulhas, no extremo sul do continente africano, apontado por D. João de Castro como local onde as agulhas "não varião cousa alguma"⁷⁸. Este tipo de local servia como ponto de

⁷⁶ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*.

⁷⁷ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

⁷⁸ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:198.

calibração das agulhas magnéticas, a partir do qual se podiam estimar as variações verificadas noutras áreas.

Esforços teóricos incipientes

Embora a maioria dos navegadores se limitasse a registar e corrigir a variação da agulha com base na experiência do dia a dia, alguns estudiosos portugueses deram um passo mais além, tentando perceber de forma mais profunda por que razão a agulha se desviava — ou seja, começaram a estudar o problema de forma científica e racional, não apenas de forma prática. Pedro Nunes, embora mais preocupado com os problemas da representação cartográfica e com a ortogonalidade dos rumos nas cartas de marear, reconheceu que a declinação introduzia desvios irregulares e problemáticos nas direções traçadas pelas agulhas⁷⁹.

É notório que, mesmo sem uma explicação física do fenómeno, os navegadores e cosmógrafos portugueses do século XVI criaram uma base empírica sólida que permitiu ajustar os procedimentos náuticos com eficácia. Esta atitude revela não apenas uma profunda capacidade de observação, mas também uma disposição para testar hipóteses na prática e construir conhecimento técnico a partir da experiência direta no mar.

2.5. Declinação magnética na tradição náutica portuguesa

Muito antes de existir um modelo físico coerente sobre o magnetismo terrestre, já os navegadores portugueses tinham desenvolvido uma tradição de observação e registo do comportamento da agulha de marear. Esta tradição náutica, foi gradualmente ganhando densidade científica através da sistematização

⁷⁹ Nunes, *Pedro Nunes – Obras, Tratado Da Sphera*, Volume 1, 135.

das observações e da sua aplicação na construção de regimentos, cartas e manuais de navegação.

Os testemunhos portugueses do início do século XVI revelam uma clara consciência da existência de variações na direção apontada pela agulha. No *Tratado da Agulha de Marear* de João de Lisboa (1514), surge uma das primeiras referências explícitas à possibilidade de medir o afastamento do meridiano verdadeiro causado pela variação das agulhas. Embora o autor não utilize ainda o termo “declinação magnética”, descreve um método de observação baseado na comparação do rumo da agulha com a direção de estrelas fixas, permitindo estimar o grau de variação em diferentes locais⁸⁰.

Esta obra, com base prática e de vocação pedagógica, reflete o tipo de conhecimento produzido e transmitido entre os pilotos portugueses. O seu conteúdo demonstra que, já no primeiro quartel do século XVI, a agulha de marear era usada de forma crítica, sendo os seus desvios objeto de atenção sistemática. O facto de João de Lisboa⁸¹ considerar possível saber “quanto é arredado do meridiano vero pelo variar das agulhas” indica uma percepção lúcida da relação entre a orientação magnética e a posição geográfica.

A náutica portuguesa desenvolveu-se como uma prática muito assente na experiência acumulada dos pilotos. Como sublinha Albuquerque⁸², os navegadores não dispunham de explicações físicas sobre a declinação, mas dispunham de um conhecimento funcional, resultante de múltiplas viagens e de comparações sistemáticas das leituras da agulha em diferentes locais. Desta forma, obtiveram

⁸⁰ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*.

⁸¹ Albuquerque, *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*, 14.

⁸² Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73.

uma base sólida para a correção dos rumos e para a interpretação das leituras dos instrumentos. Este modelo de conhecimento foi essencial para a adaptação das técnicas de navegação a contextos oceânicos cada vez mais exigentes. Com o alargamento das rotas no Atlântico Sul, no Índico e posteriormente no Pacífico, tornou-se evidente que o comportamento da agulha variava consideravelmente com a latitude e longitude. A tradição portuguesa de observação permitiu, assim, desenvolver um modelo prático e geograficamente sensível de navegação magnética, mesmo sem o suporte de uma teoria científica formalizada.

A consciência das variações da agulha de marear e a busca de métodos para as compensar demonstram uma sofisticação técnica que antecede em muito a formulação científica moderna do magnetismo terrestre. Neste contexto, a figura de D. João de Castro destaca-se por ter levado estas observações a um novo patamar de rigor, adotando uma metodologia precisa e registrando valores de declinação com intenção claramente analítica. As suas medições, realizadas durante expedições ao longo do Índico e do Mar Vermelho, representam um momento de viragem na história da ciência náutica, pela forma como conjugam prática de pilotagem e espírito de investigação sistemática⁸³.

⁸³ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 19.

Capítulo 3 — D. João de Castro: Observador e Cientista

A figura de D. João de Castro representa um marco distintivo na evolução da ciência náutica portuguesa do século XVI. Militar e administrador ao serviço da Coroa, notabilizou-se também como navegador e, acima de tudo, como observador metódico. Os seus roteiros não são meros diários de navegação, antes sim verdadeiras peças de investigação experimental, onde a observação meticulosa dos fenómenos naturais se alia a uma rara intenção analítica. João de Castro não se limita a registar o que vê: questiona, interpreta e confronta os seus dados, demonstrando um espírito crítico que o distingue dos seus contemporâneos:

“Os trabalhos levados a cabo por D. João de Castro em 1538-1541 são de natureza completamente diferente. Castro atém-se aos dados das experiências, sem se deixar atrair por analogias suspeitas, ou pela tentação de impor leis à priori aos fenómenos que observava”⁸⁴.

Num contexto em que predominavam abordagens com base na experiência, como exposto nos capítulos anteriores, D. João de Castro foi além da mera descrição ao procurar compreender o fenómeno da declinação magnética, registando os seus valores em diferentes pontos geográficos e comparando-os de forma crítica. Para Luís de Albuquerque, Castro foi o primeiro homem de mar que se propôs, deliberadamente, estudar a agulha magnética⁸⁵. O reconhecimento do seu papel científico não se limitou à historiografia portuguesa. Já no início do século XX, o físico e historiador da ciência Gustav Hellmann sublinhou o valor geofísico das suas

⁸⁴ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 19.

⁸⁵ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 10.

observações. Considerou os seus Roteiros

“o maior e mais valioso tesouro de tal espécie de observações [...] dignos de estudo fervoroso de todos aqueles que se proponham escrever a História da Geografia física ou da Náutica nesse século. [...] não duvido julgar João de Castro como o mais considerável representante da investigação científica do mar nos últimos tempos”⁸⁶.

No presente capítulo decorre uma análise da trajetória científica de D. João de Castro, com foco na sua formação intelectual, a influência de Pedro Nunes, as circunstâncias das viagens e expedições, o método de observação adotado e a relevância dos dados recolhidos. A dita análise permitirá compreender de que modo D. João de Castro estabeleceu uma ponte entre o saber empírico dos pilotos e a emergência de uma atitude científica moderna, marcada pela sistematização, pela crítica e pela intenção explicativa.

3.1. Percurso biográfico e formação científica

3.1.1. Breve biografia e enquadramento familiar de D. João de Castro

D. João de Castro nasceu em Lisboa, a 27 de fevereiro de 1500, sendo o segundo filho de D. Álvaro de Castro. Pertencia a uma das famílias nobres mais influentes de Portugal, com laços profundos com a Coroa e longa tradição no serviço do Estado. Era bisneto de D. Fernando de Castro, senhor da Casa de Paul de Boquilobo⁸⁷, neto de D. Garcia de Castro, e o seu pai, D. Álvaro, foi membro do

⁸⁶ João Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538) Volume 1 de Roteiros de D. João de Castro*, Abel Fontoura Costa, 2.^a, com República Portuguesa Ministério das Colónias (Divisão De Publicações E Biblioteca, Agência Geral Das Colónias, 1939), XVII–XVIII.

⁸⁷ Paul do Boquilobo - Situa-se entre a confluência do rio Almonda e rio Tejo, ao longo da junção dos

Conselho Régio e guarda-mor da Torre do Tombo⁸⁸. A sua juventude decorreu no seio da corte régia, onde manteve uma convivência próxima com o infante D. Luís, irmão do rei D. João III, relação que viria a revelar-se determinante ao longo da sua vida política e científica⁸⁹.

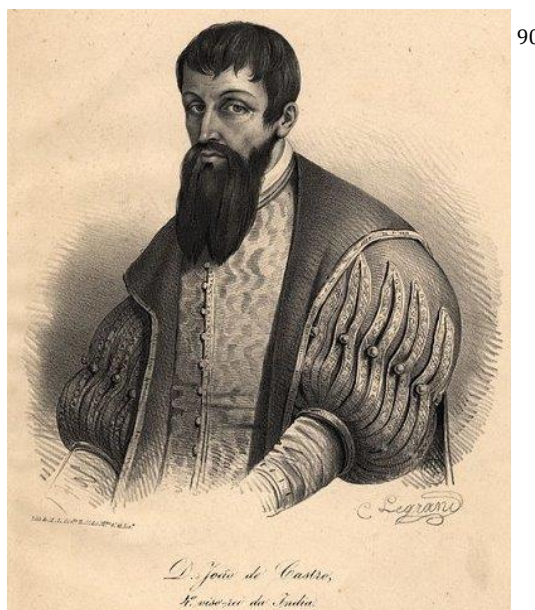


Figura 2: Retrato de D. João de Castro da autoria de Charles Legrand.

Aos dezoito anos, em 1518, embarcou pela primeira vez para Tânger, onde permaneceu cerca de nove anos. Esta longa estadia em território militarizado e fronteiriço marcou profundamente a sua formação prática no campo da defesa e

concelhos de Torres Novas e Golegã na parte sudeste da freguesia da Brogueira.

⁸⁸ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 113.

⁸⁹ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 95–96.

⁹⁰ David Miguel Pascoal Rosado, «O Dever de Exaltar um dos Maiores Heróis da História de Portugal: D. João de Castro», *Revista Militar* 2503/2504 (Agosto/Setembro de 2010): fig. 4, <https://www.revistamilitar.pt/artigo/593>.

organização militar. Durante esse período, casou com D. Leonor Coutinho, descendente de outra família ilustre, com quem teve três filhos: D. Álvaro, D. Fernando e D. Miguel. Após regressar ao reino, iniciou uma fase de maior proximidade à vida intelectual e científica da corte. Embora a documentação sobre os anos entre 1527 e 1535 seja escassa, é certo que, a partir de 1531, começou a receber lições de Pedro Nunes, então cosmógrafo do reino. A influência deste mestre viria a ser decisiva na sua formação matemática e na sistematização do conhecimento náutico, domínio que D. João de Castro viria a aplicar com notável rigor nos roteiros e observações que realizou durante as suas viagens⁹¹.

Paralelamente à formação científica, estabeleceu contactos com os círculos técnicos ligados à Casa da Índia, então sob a responsabilidade de João de Barros. Fontes documentais referem que, antes da sua segunda viagem ao Oriente, recebeu ordens diretas do rei para tratar pessoalmente com o feitor daquela instituição, sinal claro do seu prestígio e envolvimento nos preparativos científicos e logísticos das expedições⁹².

A formação de D. João de Castro assentava, assim, numa rara combinação entre experiência militar em contextos exigentes, sólida preparação matemática e náutica, e acesso direto às estruturas administrativas e operacionais do império português. Esta articulação entre prática, conhecimento técnico e responsabilidades institucionais viria a conferir-lhe um perfil singular, que se manifestaria na forma como registava, avaliava e aplicava os dados observacionais durante as suas viagens.

⁹¹ Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538) Volume 1 de Roteiros de D. João de Castro*, Abel Fontoura Costa, XI–XII.

⁹² Reijer Hooykaas, *The Erasmian Influence on D. João De Castro*, Secção de Coimbra, Centro de Estudos de Cartografia Antiga, CXIV (Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1979), 7.

3.1.2. Relação com Pedro Nunes e ambiente científico português da época

Entre 1531 e 1535, D. João de Castro iniciou um período de formação científica fundamental, tendo recebido lições de Pedro Nunes, matemático e cosmógrafo do reino, juntamente com o infante D. Luís. A instrução foi ministrada num ambiente de crescente preocupação com a racionalização da arte de navegar, numa altura em que a expansão oceânica portuguesa exigia uma base teórica sólida para resolver os desafios práticos da navegação e da cartografia⁹³.

Pedro Nunes, nomeado cosmógrafo em 1529, destacou-se como o principal teórico português da náutica no século XVI. Ensinava matemática na Universidade de Lisboa e, posteriormente, em Coimbra, e era reconhecido pela aplicação de raciocínio geométrico e astronómico a problemas náuticos. A influência de Nunes em Castro foi profunda: segundo Fontoura da Costa, “bem mostrou mais tarde o valor da sua cultura científica, adquirida com o grande mestre, especialmente a referente à marinharia, que uma longa prática no mar cimentou e aperfeiçoou”⁹⁴.

A ligação entre ambos era tanto intelectual como prática: Castro aplicava no mar as ideias desenvolvidas por Nunes em terra. Nas suas observações sistemáticas, revela-se a marca do rigor geométrico e do espírito crítico cultivado pelo mestre. Como observa Pina Martins⁹⁵, Presidente da Academia das Ciências de Lisboa, D. João de Castro foi “porventura o seu mais famoso discípulo, o argonauta que melhor documenta a recepção do seu frutuoso magistério”.

Além de Pedro Nunes, D. João de Castro movia-se num círculo mais vasto de

⁹³ Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538) por Abel Fontoura Costa*, Volume 1, XII.

⁹⁴ Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538) por Abel Fontoura Costa*, Volume 1, XII.

⁹⁵ Nunes, *Pedro Nunes – Obras, Tratado Da Sphera*, Volume 1, XVI.

eruditos influenciados pelo humanismo erasmiano⁹⁶. Na década de 1530, a corte de Évora tornou-se centro desse movimento, como indica Reijer Hooykaas⁹⁷, reunindo figuras como André de Resende, Clenardo, Damião de Góis e João de Barros⁹⁸. É nesse contexto que se compreende a aproximação entre Castro e Resende: o primeiro tentou levá-lo consigo à Índia e, já em Goa, renovou o convite por meio do irmão de Resende, residente na cidade. A resposta do humanista manifesta a vontade de estudar e divulgar os conhecimentos que Castro tinha vindo a produzir: “an indefatigable love of knowing things so worthy of admiration as those which the diligence and industry of your lordship here has sown for us”⁹⁹.

A formação científica de Castro, aliada ao contacto direto com estes círculos, explica a originalidade e profundidade do seu pensamento. Não se limitava à recolha empírica; procurava compreender os fenómenos naturais com instrumentos de análise inspirados tanto na matemática como na tradição humanista. A sua obra é, por isso, um reflexo do melhor espírito científico português da Renascença.

3.2 As Viagens e os Roteiros

⁹⁶ Dutch humanist scholar Desiderius Erasmus (Erasmus of Rotterdam)

⁹⁷ Hooykaas, *The Erasmian Influence on D. João De Castro*, 30.

⁹⁸ André de Resende - Grande pensador humanista português. Nicolaus Clenardus Distemius Brabantus - Humanista, gramático, hebraísta, helenista e orientalista belga. Damião de Góis - Historiador e Humanista português. João de Barros - Primeiro grande historiador português e pioneiro da gramática da língua portuguesa.

⁹⁹ Hooykaas, *The Erasmian Influence on D. João De Castro*, 8.

3.2.1. O Roteiro de Lisboa a Goa (1538):

O Roteiro da viagem que D. João de Castro fez a primeira vez que foi à Índia no ano de 1538, vulgarmente conhecido como *O Roteiro de Lisboa a Goa*, é, entre as obras do autor, aquele que apresenta maior densidade de observações magnéticas e astronómicas. Mais do que um mero relato de viagem, esta obra reflete a conjugação entre a experiência náutica prática e uma preocupação científica sistemática.

A obra foi escrita a bordo da nau *Grifo* durante a expedição comandada por D. García de Noronha¹⁰⁰. Castro dirigiu o Roteiro a D. João III, afirmando tratar-se de um serviço prestado ao rei, apesar do estilo “barbaro e grosseiro” e da matéria “maes que todas esteril e seque, dado que proueitosa”, e confessando que o escreveu furtando tempo “ao sono e repouso da carne”¹⁰¹. Esta declaração, longe de ser apenas modéstia retórica, evidencia o esforço e o propósito científico do autor, que considerava este tipo de registo uma obrigação moral e política ao serviço do reino.

Ao longo do Roteiro, D. João de Castro executa uma série impressionante de observações da declinação magnética. O método baseava-se no “instrumento de sombras”, idealizado por Pedro Nunes e construído por João Gonçalves¹⁰². Consistia em comparar a direção indicada pela agulha com dois azimutes do Sol correspondentes a duas alturas iguais, uma antes e uma depois do meio-dia. Media

¹⁰⁰ Bisneto de Fernando I de Portugal, foi nomeado terceiro vice-rei da Índia.

¹⁰¹ Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538)* por Abel Fontoura Costa, Volume 1, 1; Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:121.

¹⁰² Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 10.

a altura do astro com recurso a um astrolábio ou quadrante e, ao mesmo tempo, registava a posição da sombra projetada pelo estilo sobre a escala circular do instrumento de sombras. A bissetriz do ângulo formado pelas duas sombras fornecia a direção do meridiano geográfico (norte-sul verdadeiro). A diferença entre essa direção e a indicada pela agulha correspondia à declinação magnética do local¹⁰³.

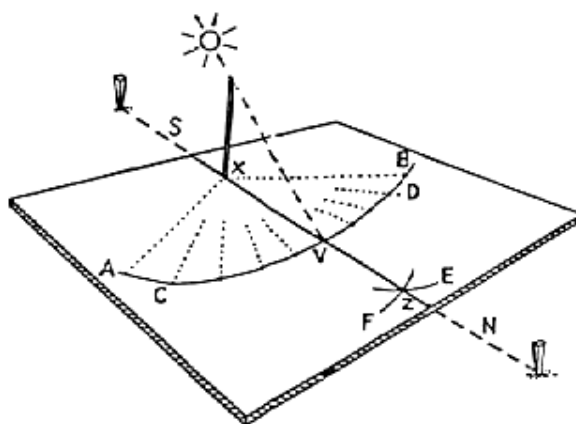


Figura 3: Instrumento de Sombras.

Em várias passagens, D. João de Castro indica os graus de desvio da agulha, como por exemplo:

“Foi logo nesta operação o arco de depois de meodia maior que o dante meodia 11 graos, cuja a metade de 5 1/2, que he a quantidade que agulha neste lugar nordestea”¹⁰⁴.

Estas medições eram registadas com rigor técnico e constituem, segundo Luís

¹⁰³ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 76.

¹⁰⁴ Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538) por Abel Fontoura Costa*, Volume 1, 26; Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:144.

de Albuquerque¹⁰⁵, um dos primeiros e mais importantes conjuntos sistemáticos de dados empíricos sobre o comportamento do magnetismo terrestre em mar aberto.

A riqueza do Roteiro não se limita ao conteúdo textual. O manuscrito inclui ilustrações de fenómenos naturais, como halos solares e trombas de água, além de vistas costeiras e panorâmicas topográficas, como a costa da África do Sul ou a ilha de Moçambique. Estas imagens, cuidadosamente desenhadas, serviam de complemento à descrição escrita, proporcionando uma referência visual rara para a época¹⁰⁶.

No domínio cartográfico, o Roteiro apresenta uma crítica incisiva aos erros das cartas de marear da época. Na célebre “Notação famosa e mui proveitosa”¹⁰⁷, D. João de Castro demonstra como os pilotos, ao seguirem rumos magnéticos sem correção da declinação, traçavam derrotas imprecisas e inseriam erros nas cartas náuticas. A explicação é clara: os rumos indicados pela bússola eram diferentes dos rumos geográficos, o que levava os navegadores a calcular mal as distâncias percorridas e a posição do navio. Esta análise, descrita com detalhe matemático e acompanhada de exemplos, antecipou em décadas preocupações que apenas mais tarde seriam objeto de sistematização teórica por cartógrafos e cosmógrafos ibéricos e europeus, tais como Pe. Francisco da Costa e André Garcia de Cespedes¹⁰⁸.

A contribuição de D. João de Castro, neste Roteiro, vai ainda mais longe ao

¹⁰⁵ *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:111.

¹⁰⁶ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

¹⁰⁷ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:145–48, 289.

¹⁰⁸ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

denunciar a insuficiência das cartas desenhadas sem base astronómica. Ao sublinhar que os pilotos navegavam pelos rumos falsos da bússola porque as cartas não estavam corrigidas, propõe implicitamente uma reforma da cartografia baseada em observações astronómicas e em correções magnéticas¹⁰⁹.

Em síntese, o *Roteiro de Lisboa a Goa* é um exemplo notável de produção científica integrada no contexto das viagens de exploração. Nele se combinam o espírito empírico, a capacidade crítica e uma forte consciência de serviço público. O seu valor reside não apenas nas observações que contém, mas na atitude metodológica que revela: um olhar científico sobre o mundo, construído a partir do convés de uma nau portuguesa.

3.2.2. O Roteiro de Goa a Diu (1538-1539):

O segundo dos roteiros redigidos por D. João de Castro resulta da campanha de socorro à fortaleza de Diu, no contexto do cerco imposto pelas forças do sultão de Guzerate, aliadas ao Império Otomano. Trata-se de um documento elaborado entre 1538 e 1539, durante o percurso da armada portuguesa que, sob o comando de D. Garcia de Noronha, se dirigiu de Goa àquela cidade costeira do noroeste indiano. O manuscrito tem como título completo *Primeiro Roteiro da Costa da Índia desde Goa até Dio: narrando a viagem que fez o Vice-Rei D. Garcia de Noronha em socorro desta última cidade* e foi posteriormente publicado por Diogo Köpke com base no autógrafo de D. João de Castro¹¹⁰.

¹⁰⁹ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, vol. 73; Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

¹¹⁰ João Castro, *Roteiro De Goa a Dio, Por D. João De Castro 1538-1539*, ed. Köpke Diogo (Porto: - Typographia commercial portuense, 1843).



Figura 4: O Porto de Diu, no Roteiro de Goa a Diu, de D. João de Castro.

A motivação principal desta expedição era de natureza militar: garantir o apoio logístico e estratégico à defesa de Diu, sob ameaça otomana, como parte das disputas mais amplas pelo controlo das rotas comerciais no oceano Índico. Nesse contexto, o roteiro adquire valor não apenas como testemunho da campanha, mas também como observação técnica e náutica rigorosa dos litorais indianos percorridos. D. João de Castro apresenta ao longo do texto uma série de descrições detalhadas da costa, com apontamentos hidrográficos e medições de profundidade, contribuindo para o aperfeiçoamento do conhecimento cartográfico da região¹¹².

A narrativa articula os movimentos da armada com medições e observações regulares do fundo marinho, como se lê, por exemplo, no registo:

¹¹¹ Rosado, «O Dever de Exaltar um dos Maiores Heróis da História de Portugal: D. João de Castro», fig. 15.

¹¹² Castro, *Roteiro De Goa a Dio, Por D. João De Castro 1538-1539*.

“Ha .17. de Fevireiro de 1539. tornei a soldar a mesma barra sendo preamar, e achei .16. palmos daguoa; e soldando na baxa-mar deste dia achei .8. palmos $\frac{1}{2}$.”¹¹³.

Estas medições, realizadas com regularidade ao longo do percurso, visavam garantir a segurança das embarcações portuguesas em águas pouco conhecidas e com forte influência de fundos móveis e zonas rochosas.

No dia 23 de dezembro de 1538, D. João de Castro registou, para uma tão curta distância, variações anómalas na direção indicada pela agulha de marear. Perante a impossibilidade de explicar estas discrepâncias por erro dos instrumentos, atribuiu o desvio ao efeito de um rochedo magnético nas imediações:

“Fiz estas considerações muito pegado com a terra onde tinha por vezinho hum rochedo e penedia, [...] da especia e natureza do manhete, ou [...] composição [...] ferrenha, e per esta causa atraerem pera si o ferro da agulha desviando ho do seu natural lugar”¹¹⁴.

Esse fenómeno, hoje conhecido por *atração local*, ocorre quando a presença de massas minerais com propriedades magnéticas interfere com o funcionamento da agulha, alterando temporariamente a sua leitura. Importa sublinhar que, embora o *Roteiro de Goa a Diu* contenha um episódio magnético relevante — a observação do fenómeno de atração local em Baçaim — o grosso do manuscrito incide sobretudo sobre o reconhecimento costeiro e os desafios logísticos da navegação entre portos ameaçados ou contestados.

¹¹³ Castro, *Roteiro De Goa a Dio, Por D. João De Castro 1538-1539*, 204–5.

¹¹⁴ Castro, *Roteiro De Goa a Dio, Por D. João De Castro 1538-1539*, 98–99.

3.2.3. O Roteiro do Mar Roxo (1540–1541):

O *Roteiro do Mar Roxo* é o terceiro grande manuscrito deixado por D. João de Castro, redigido durante a expedição naval comandada por Estevão da Gama¹¹⁵ entre 1540 e 1541. Esta campanha teve como objetivo contrariar a crescente presença otomana na região estratégica do Mar Vermelho. Ao mesmo tempo, esta expedição proporcionou a D. João de Castro a oportunidade de realizar um levantamento hidrográfico minucioso, que viria a ser considerado uma das suas obras mais significativas¹¹⁶. O documento é um testemunho detalhado da progressão da armada desde Goa até ao norte do mar Roxo.

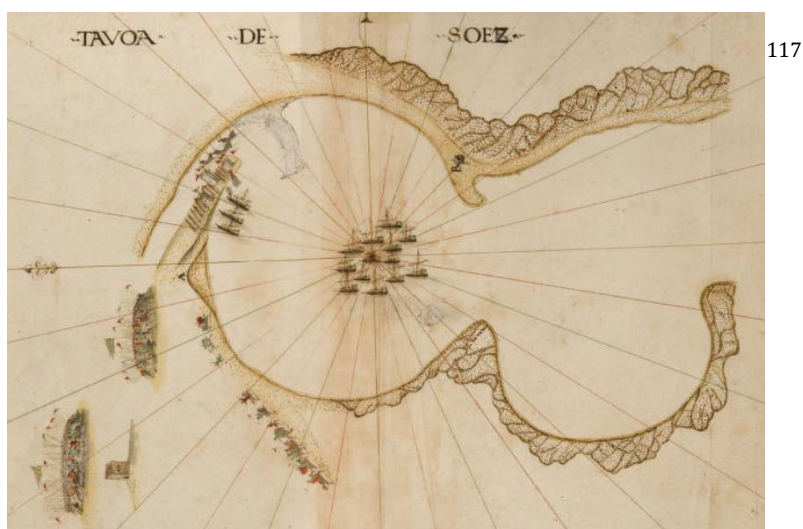


Figura 5: Ataque Português ao porto do Suez, representado no *Roteiro do Mar Roxo*.

¹¹⁵ Militar e administrador colonial português. Exerceu o cargo de governador da Índia Portuguesa (Sucessor de Garcia de Noronha).

¹¹⁶ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro».

¹¹⁷ João de Castro, *Roteiro que fez dom João de Castro de viagem que fizeram os Portugueses desde India atee Soez* (University of Minnesota Libraries, James Ford Bell Library, 1541), 182, <https://umedia.lib.umn.edu/item/p16022coll184:11147>.

A estrutura do *Roteiro do Mar Roxo* distingue-se dos roteiros anteriores não tanto pela natureza das informações registadas — que incluem, como nas outras obras, descrições de costas, profundidades, correntes, marés e fundeadouros — mas pela extensão e sistematização desses dados. Trata-se do manuscrito em que D. João de Castro atinge “maior perfeição como roteirista e observador prático”, sendo considerado o mais completo sob o ponto de vista náutico e geográfico¹¹⁸. Os registos são acompanhados de tábuas e mostras costeiras, e o autor demonstra um grau de detalhe e de rigor técnico que ultrapassa o modelo tradicional do roteiro português, aproximando-se de um diário técnico-científico.

Apesar de ser a mais aperfeiçoada das obras náuticas de D. João de Castro no plano técnico e hidrográfico, o *Roteiro do Mar Roxo* não representa o contributo mais expressivo para o estudo do magnetismo terrestre. As observações magnéticas estão presentes, mas com menor frequência e desenvolvimento analítico quando comparadas ao que o autor registara no *Roteiro de Lisboa a Goa*, onde procedeu a medições sistemáticas da declinação magnética em diversos pontos da rota atlântica e do Índico¹¹⁹. A importância deste terceiro roteiro para a presente investigação reside sobretudo na prioridade dada ao levantamento hidrográfico e ao reconhecimento geográfico de uma região até então inexplorada¹²⁰, constituindo simultaneamente um exercício de observação rigorosa e um modelo de escrita técnica que alia a descrição empírica a uma

¹¹⁸ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 67.

¹¹⁹ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*; Hooykaas, *The Erasmian Influence on D. João De Castro*.

¹²⁰ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 99.

intenção científica, aspetos fundamentais para compreender a evolução da ciência náutica portuguesa no século XVI.

3.3. As observações magnéticas nos roteiros de D. João de Castro

D. João de Castro foi o primeiro autor português a registar de forma sistemática a variação da direção da agulha de marear em diferentes pontos do globo. O autor distingue-se por ter registado, de forma metódica, desvios magnéticos expressos em graus, com base em medições sistemáticas e em comparação de resultados em diferentes momentos do dia.

Um dos vários exemplos notórios encontra-se no *Roteiro de Lisboa a Goa*, particularmente no trecho referente à estadia em Moçambique, onde D. João de Castro descreve várias observações realizadas com o auxílio de um estilo (gnómon), procurando determinar o grau de variação da agulha nesse local:

“Quis saber o que variauaõ as agulhas neste porto de Moçambique, e fiz as operações seguintes: [...] *Quarta operação ante o meo dia*: Estando o sol em altura de 56 graos $2/3$, ho estilo lançou a sombra 39 graos contando do sul pera a banda daloeste. *Primeira operação depois de meo dia*: Estando o sol em altura de 56 graos $2/3$, ho estilo lançou a sombra 25 graos $1/2$ contando do sul pera a banda de leste. Foy logo nesta operação o arco dante o meo dia mayor que o de depois de meo dia 13 graos $1/2$, os quaes, partidos pello meo, vem a parte 6 graos $3/4$, que he a quantidade que neste lugar agulha norestea”¹²¹.

Este testemunho é revelador do cuidado com que Castro procedia às suas observações: regista os valores obtidos antes e depois do meio-dia solar, compara os ângulos das sombras, calcula a diferença e determina o valor médio como

¹²¹ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:244–45; Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538) Volume 1 de Roteiros de D. João de Castro*, Abel Fontoura Costa, 151–52.

estimativa do desvio magnético naquele ponto.

No *Roteiro de Goa a Diu*, embora não se encontrem cálculos tão detalhados, D. João de Castro faz referência a um fenómeno de atração local junto à costa de Baçaim. A descrição é breve, mas significativa. O autor nota que:

“Tinha por vezinho hum rochedo e penedia, [...] da especia e natureza do manhete ou [...] composição [...] ferrenha, e per esta causa atraerem pera si o ferro da agulha desviando ho do seu natural lugar”¹²².

Este episódio, embora isolado, demonstra que o autor continuava atento às anomalias magnéticas e às suas implicações para a navegação.

No *Roteiro do Mar Roxo*, embora as observações magnéticas não estejam ausentes, surgem com menor frequência e desenvolvimento analítico, em contraste com a riqueza de registos encontrados no *Roteiro de Lisboa a Goa*. Esta diferença poderá dever-se à estabilidade relativa do campo magnético na região, à menor incidência de anomalias locais, ou ao foco do autor em objetivos mais diretamente militares e hidrográficos. Ainda assim, a comparação entre os roteiros revela a forma como D. João de Castro modulava a sua atenção consoante as necessidades da expedição e os fenómenos observados, confirmando uma atitude prática e seletiva na recolha de dados técnicos.

No conjunto da sua obra, D. João de Castro emerge como um dos primeiros navegadores portugueses a demonstrar uma preocupação sistemática com o registo da declinação magnética. O *Roteiro de Lisboa a Goa* destaca-se, neste domínio, como a fonte mais precisa e rica, não apenas pelas medições registadas em graus, mas também pelo método comparativo e pela tentativa clara de quantificar o desvio da agulha com rigor técnico.

¹²² Castro, *Roteiro De Goa a Dio, Por D. João De Castro 1538-1539*, 98–99.

Capítulo 4 — Impacto das Observações de D. João de Castro na Navegação e Cartografia

4.1. A utilização dos roteiros em contextos náuticos e militares

Os roteiros de D. João de Castro, para além da sua evidente utilidade durante as expedições que os originaram, assumiram desde cedo um papel de referência na cultura náutica portuguesa. Não se tratava apenas de registos de viagens: eram instrumentos técnicos, organizados com rigor, que integravam observações geográficas, hidrográficas e astronómicas. A sua estrutura — combinando texto descritivo com tábuas de mostras costeiras — permitia a pilotos e comandantes replicarem trajetos, reconhecerem pontos de referência e anteciparem obstáculos em contextos operacionais distintos, mesmo décadas após a sua redação.

Esta funcionalidade prática é reiterada por Cortesão e Albuquerque ¹²³, que sublinham que os roteiros foram escritos em pleno desempenho de funções militares e náuticas, com finalidades práticas evidentes. Eram, por conseguinte, documentos simultaneamente descritivos e operacionais, aptos a serem manuseados em viagem ou consultados para fins estratégicos. A sua circulação em cópias manuscritas, frequentemente enriquecidas com tábuas, reforça a ideia de que o seu valor ultrapassava o momento da redação, sendo reconhecidos como ferramentas de consulta e apoio à decisão.

¹²³ *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.



124

Figura 6: Promenor do ataque Português ao porto do Suez, representado no Roteiro do Mar Roxo.

Roger Lee de Jesus¹²⁵ evidencia que os roteiros de D. João de Castro foram preservados, copiados e até utilizados em traduções internacionais, como a publicada por Purchas em 1625 em Inglaterra. Esta difusão é um indício da sua reputação científica e do seu valor documental, o que se confirma pela variedade de manuscritos existentes e pelas versões ilustradas, como a da Biblioteca Nacional da Áustria, que preserva as tábuas com um cuidado gráfico excecional.

No plano prático, os roteiros de D. João de Castro revelam-se particularmente

¹²⁴ João de Castro, *Roteiro que fez dom João de Castro de viagem que fizeram os Portugueses desde India atee Soez* (University of Minnesota Libraries, James Ford Bell Library, 1541), 182, <https://umedia.lib.umn.edu/item/p16022coll184:11147>.

¹²⁵ «As ‘Tábuas dos Roteiros da Índia’ de D. João de Castro da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra: novos dados», *Boletim da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra* 51 (julho de 2021): 75–116, https://doi.org/10.14195/2184-7681_51_3.

valiosos para a navegação costeira, sobretudo em regiões mal cartografadas ou de difícil acesso. A descrição minuciosa de barras, profundidades, fundos, ventos predominantes e referências visuais costeiras permitia aos navegadores portugueses reconhecer pontos de terra com maior segurança e tomar decisões informadas durante as aproximações a portos. A organização sequencial dos dados náuticos, associada à inclusão de tábuas e perfis de costa, reforça a utilidade prática e imediata dos roteiros, bem como o seu valor documental no contexto da expansão marítima portuguesa.

Neste sentido, os roteiros de D. João de Castro não são apenas documentos científicos — são testemunhos de um saber técnico ao serviço do império, cuja aplicação prática em contextos militares e navais é inegável. A sua persistência nas bibliotecas, cópias e edições dos séculos seguintes é uma prova da utilidade continuada que ofereceram à navegação e à governação ultramarina.

4.2. O contributo para o aperfeiçoamento da cartografia náutica

O aperfeiçoamento da cartografia náutica representou um desafio contínuo na era dos Descobrimentos, e os roteiros, em particular os de D. João de Castro, emergiram como instrumentos cruciais para este processo, complementando e, em alguns casos, expondo as limitações das cartas então existentes ¹²⁶. D. João de Castro, através da sua obra, nomeadamente o *Roteiro de Lisboa a Goa*, criticou abertamente os erros que encontrava nas cartas náuticas da sua época. Os roteiros, enquanto diários de bordo enriquecidos com dados de navegação, continham informações essenciais para o aperfeiçoamento cartográfico, tais como registos de rumos, distâncias, descrições da costa ("conhecenças"), e informações

¹²⁶ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1; Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro».

hidrográficas (como sondagens).

A secção designada por "Notação Famosa e Muito Proveitosa" é uma parte notável do *Roteiro de Lisboa a Goa*, elaborado por D. João de Castro durante a sua primeira viagem para o Oriente em 1538. Nesta notação, Castro aborda e explica as causas da distância incorreta que, nas cartas náuticas da época, separava a costa do Brasil do Cabo da Boa Esperança¹²⁷. O seu rigor observacional, particularmente na determinação da variação da agulha, permitiu-lhe diagnosticar que os erros de navegação baseados em rumos magnéticos não corrigidos pela variação eram transferidos para as cartas traçadas a partir dessas rotas. A importância desta análise manifesta-se no facto de a "Notação Famosa" ter sido copiada noutros manuscritos e obras que tratavam de temas como a navegação, a cosmografia e a cartografia. O seu texto foi transcrito para obras como o *Livro de Marinharia* (em compilações de diferentes autores como André Pires, Manuel Álvares e Gaspar Moreira) e o *Regimento de la Navegacion* do cosmógrafo castelhano André Garcia de Cespedes¹²⁸. Estas cópias e transcrições mostram o elevado valor atribuído às observações e à análise de Castro por outros especialistas, estabelecendo uma ligação direta entre a sua experiência prática no mar e as discussões científicas e técnicas sobre a necessidade de aperfeiçoar a arte de navegar e a representação cartográfica, integrando as suas descobertas no corpo do conhecimento náutico da época.

Em suma, os roteiros de D. João de Castro, ao evidenciarem as imprecisões da cartografia da sua época através de críticas baseadas na experiência de navegação, e ao conterem dados empíricos valiosos para a correção e construção de cartas mais fiéis à realidade geográfica, contribuíram significativamente para o aperfeiçoamento da cartografia náutica. A sua crítica e os dados recolhidos

¹²⁷ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

¹²⁸ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

ajudaram a delinear o caminho para uma cartografia mais precisa, informada por observações científicas no mar.

4.3. Limites e obstáculos à difusão do seu trabalho

Apesar da originalidade e do rigor técnico das observações de D. João de Castro, a receção e difusão das suas conclusões enfrentaram importantes obstáculos. As suas propostas, embora inovadoras, foram integradas de forma lenta e parcial no corpo prático da náutica do século XVI e XVII, o que revela a dificuldade em alterar paradigmas consolidados.

Um dos principais entraves à aceitação generalizada das suas ideias foi a persistência de concepções erróneas, como a chamada pseudo-lei da variação magnética, associada a João de Lisboa. Mesmo após a refutação fundamentada por Castro, essa teoria continuou a ser reproduzida em diversos regimentos náuticos¹²⁹. A preocupação expressa por Aleixo da Mota no século XVII, relativamente à continuidade deste erro nos manuais de navegação¹³⁰, atesta a resistência do meio náutico à renovação científica. Para além disso, as limitações instrumentais da época constituíram outro fator condicionante. A imprecisão dos instrumentos de medição magnética, as dificuldades de observação em contexto marítimo e as condições variáveis da navegação comprometiam, por vezes, a reprodutibilidade dos resultados obtidos por Castro¹³¹.

¹²⁹ Albuquerque, *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*.

¹³⁰ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*.

¹³¹ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De

Do ponto de vista material, a difusão da obra de D. João de Castro enfrentou entraves significativos. Muitos dos seus escritos permaneceram inéditos durante décadas¹³², circulando apenas em cópias manuscritas que nem sempre preservavam fielmente o conteúdo original¹³³. Essas cópias eram frequentemente deturpadas, mutiladas ou incompletas, podendo conter omissões textuais, erros acumulados por sucessivos copistas e até inserções alheias ao texto original¹³⁴. O caso paradigmático do *Roteiro de Lisboa a Goa*, cuja primeira edição impressa apenas surgiu em 1882, exemplifica bem o desfasamento entre a produção e a receção pública da sua obra¹³⁵. A situação agrava-se com o facto de algumas obras de D. João de Castro terem ficado inacabadas, como o tratado *Da Geographia por modo de Dialgo*¹³⁶, o que dificultou ainda mais a perceção do alcance teórico e metodológico do seu pensamento científico.

Outro obstáculo relevante à difusão internacional da obra de D. João de Castro foi a barreira linguística. Tal como outros autores náuticos portugueses do seu tempo, optou por redigir os seus roteiros em português, recorrendo a um estilo deliberadamente simples, destinado a tornar o conteúdo acessível aos pilotos e

Castro», 46.

¹³² Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 75.

¹³³ Albuquerque, *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*, 4–5; Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:15 e 115.

¹³⁴ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 5–6; Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:75, 90.

¹³⁵ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:115; De Jesus, «As ‘Tábuas dos Roteiros da Índia’ de D. João de Castro da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra», 78–79.

¹³⁶ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:17.

capitães que, muitas vezes, tinham uma formação limitada¹³⁷. Esta escolha, coerente com a intenção prática e formativa dos textos, facilitava a sua utilização imediata no meio náutico nacional¹³⁸. No entanto, o uso do português — em vez do latim, dominante na literatura científica europeia, ou do castelhano, com maior circulação no espaço ibérico¹³⁹ — pode ter dificultado a receção mais ampla das suas ideias em círculos científicos internacionais, limitando a partilha do seu contributo com outras comunidades académicas e técnicas do século XVI.

4.4. Considerações finais: Castro no contexto da ciência náutica europeia

A análise do trabalho de D. João de Castro revela-o como uma figura central e inovadora no panorama da ciência náutica do século XVI. A sua obra destaca-se pela aplicação de uma metodologia rigorosa que marcou uma transição significativa em relação a abordagens anteriores¹⁴⁰. Ao contrário de um modelo puramente empírico, a sua abordagem baseou-se em princípios científicos e observações sistemáticas, evidenciando um notável rigor técnico e profundidade nas suas análises¹⁴¹. Esta atitude de "interrogação sistemática da experiência",

¹³⁷ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 74–75, 95.

¹³⁸ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 95.

¹³⁹ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 8–9; Nunes, *Pedro Nunes – Obras*, Volume 1 *Tratado Da Sphaera*, X.

¹⁴⁰ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:120–22; Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*.

¹⁴¹ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:111; Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 54.

combinando prática com teoria, crítica e cálculo com empirismo, colocou-o num patamar distinto no seu tempo¹⁴².

Os seus Roteiros, particularmente o de Lisboa a Goa, funcionam como verdadeiros diários tecnocientíficos, repletos de observações magnéticas e astronómicas precisas¹⁴³. A meticulosidade com que procurava as melhores condições para observar e repetia experiências para verificar resultados era fundamental para o aperfeiçoamento da navegação. Esta abordagem experimental, que envolvia medição e registo de fenómenos, era facilitada e, ao mesmo tempo, limitada pelos instrumentos da época, como a agulha de marear, o astrolábio e o quadrante¹⁴⁴. Contudo, o esforço contínuo na náutica portuguesa para melhorar métodos e instrumentos, permitia a Castro utilizar a "experiência dos instrumentos mathematicos"¹⁴⁵ para corrigir limitações sensoriais pelo cálculo¹⁴⁶.

Um dos seus contributos mais técnicos e pioneiros, como temos visto, foi o estudo sistemático da variação da agulha de marear. Castro não foi apenas o primeiro português a registá-la em diversas partes do mundo, incluindo o Atlântico

¹⁴² Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:114; Barreto, *O Problema Do Conhecimento Na Sphaera De D. João De Castro*, 6.

¹⁴³ José Manuel Malhão Pereira, «Roteiros portugueses, séculos XVI a XVIII. : sua génese e influência no estudo da hidrografia, da meteorologia e do magnetismo terrestre» (Doutoramento em História e Filosofia das Ciências, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2017), 61; Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 54.

¹⁴⁴ Albuquerque, *Estudos de História*, IV, 8; Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:118–19; José Manuel Malhão Pereira, «Roteiros portugueses, séculos XVI a XVIII. : sua génese e influência no estudo da hidrografia, da meteorologia e do magnetismo terrestre», 220.

¹⁴⁵ Barreto, *O Problema Do Conhecimento Na Sphaera De D. João De Castro*, 10.

¹⁴⁶ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:115.

e o Índico¹⁴⁷, o autor não se limitava a observar desvios: realizava “operações” específicas para os determinar, descrevendo detalhadamente os passos seguidos, como a comparação de alturas iguais do Sol antes e depois do meridiano e o cálculo da média entre arcos divergentes para quantificar a variação magnética¹⁴⁸. As suas observações magnéticas são consideradas as mais importantes do século XVI, constituindo o primeiro estudo experimental conhecido sobre o magnetismo terrestre e modelos de aplicação do método experimental à Geofísica¹⁴⁹.

Com base na evidência recolhida durante as suas observações magnéticas, D. João de Castro refutou a chamada pseudo-lei da variação, proposta no *Tratado da Agulha de Marear*, atribuído a João de Lisboa (1514). Essa teoria sustentava, de forma incorreta, que a declinação magnética era diretamente proporcional à longitude, assumindo variação nula num meridiano de referência e aumentando com a distância a partir dele. As medições sistemáticas de Castro demonstraram, no entanto, que essa relação não se verificava. Por exemplo, no *Roteiro de Lisboa a Goa*, ao largo de Lisboa em 1538, registou uma declinação de cerca de 7,5º NE, e no mesmo meridiano registou valores de 19º ou 20º NE. Assim, a experiência mostrou que a variação não se fazia “per diferença de meridianos”, como ele próprio escreveu:

“Destas operações fica claro que a variação que fazem as agulhas não he

¹⁴⁷ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 10; Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:111; Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 75.

¹⁴⁸ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:111; Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, vol. 1.

¹⁴⁹ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 10 e 19; Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 54; Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:111.

per diferença de meridianos, pois na cidade de Lisboa nordesteão 7 graos 1/2, e estando agora em seu meridiano nordesteão 19 ou 20 graos”¹⁵⁰

Afinal, este fenómeno não obedecia a essa relação linear. A variação dependia de fatores mais complexos, contrariando assim uma das concepções mais influentes e erróneas da teoria náutica e da prática cartográfica afetada pela declinação magnética da época¹⁵¹. Castro, concluiu assim, que a variação não se fazia "por diferença de meridianos"¹⁵².

Além disso, como já foi referido, D. João de Castro foi pioneiro na identificação do fenómeno do “desvio da agulha”, causado por interferências locais, como a presença de massas metálicas nas proximidades do instrumento magnético¹⁵³. Esta descoberta resultou da sua atenção aos resultados anómalos obtidos em determinadas situações e da sua capacidade para estabelecer relações entre discrepâncias observadas ao longo da viagem. Ainda que nem sempre tivesse ao seu dispor os meios para explicar de forma definitiva todos os fenómenos registados, a sua atitude revela um espírito crítico e metodológico invulgar. Numa passagem reveladora, escreve: “Se isto nasce da pouca pontualidade dos nossos instrumentos, se doutra cousa que a Natureza tenha encerrada em sua oficina, *solvat Apollo!*” (que o resolva Apolo!), deixando à ciência futura a tarefa de esclarecer o que então não podia determinar com segurança¹⁵⁴.

¹⁵⁰ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:184.

¹⁵¹ Albuquerque, *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*, 6.

¹⁵² Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:111–13.

¹⁵³ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:116–17.

¹⁵⁴ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:118.

No contexto europeu, o reconhecimento da obra de D. João de Castro ultrapassou as fronteiras de Portugal, os seus Roteiros eram conhecidos e utilizados por especialistas portugueses e estrangeiros¹⁵⁵. Um exemplo específico do conhecimento e apreço pela obra de Castro vem de Alonso de Santa Cruz, cosmógrafo castelhano. Segundo Albuquerque¹⁵⁶, Santa Cruz conhecia bem o *Roteiro de Lisboa a Goa* e testemunhou o apreço em que o tinha, chegando a afirmar que Castro lhe cedera uma cópia dos seus roteiros (embora Albuquerque exprima ceticismo sobre esta última alegação). A reputação de Castro atingiu tal dimensão que Gustav Hellmann, historiador da ciência, o considerou “o mais considerável representante da investigação científica do mar nos últimos tempos”¹⁵⁷. Apesar de obstáculos à difusão, como a circulação inicial restrita em manuscritos ou eventuais barreiras linguísticas, a receção da sua obra atesta o impacto e a relevância do seu contributo na ciência náutica europeia do século XVI.

¹⁵⁵ José Manuel Malhão Pereira, «Roteiros portugueses, séculos XVI a XVIII. : sua génese e influência no estudo da hidrografia, da meteorologia e do magnetismo terrestre», 227.

¹⁵⁶ *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:108–9.

¹⁵⁷ Castro, *Roteiros De D. João De Castro (1538) Volume 1 de Roteiros de D. João de Castro*, Abel Fontoura Costa, XVII–XVIII.

Capítulo 5 — Discussão e Interpretação dos Resultados

5.1. Revisitação dos objetivos e questões de investigação

A presente dissertação teve como objetivo central compreender a relevância e a originalidade da contribuição de D. João de Castro para o estudo do magnetismo terrestre no contexto da ciência náutica portuguesa do século XVI. Procurou-se, para tal, analisar os seus roteiros enquanto documentos técnico-científicos, identificar os métodos utilizados nas observações magnéticas, avaliar o grau de sistematização e espírito crítico com que foram conduzidas essas observações e, por fim, interpretar o impacto que essas práticas tiveram na cartografia e na navegação portuguesas e europeias.

A investigação desenvolveu-se com base nas seguintes questões orientadoras:

1. De que modo os roteiros de D. João de Castro refletem uma atitude científica face aos fenómenos magnéticos?
2. Quais os procedimentos metodológicos que o autor adotou para registar a declinação magnética e que valor têm no quadro da história da geofísica?
3. Que obstáculos limitaram a receção das suas descobertas, e em que medida a sua obra foi reconhecida e reutilizada por outros autores?
4. Qual o papel de D. João de Castro na transição entre uma náutica baseada na experiência empírica e uma ciência do mar baseada em observação sistemática e cálculo?

Ao longo dos capítulos anteriores, procedeu-se a uma análise detalhada da formação científica de D. João de Castro, dos contextos em que operou, das observações registadas nos seus roteiros e das repercussões que estas tiveram na prática náutica e cartográfica. Os resultados obtidos apontam para uma figura singular que, sem romper com a tradição prática dos pilotos, introduz uma postura

metodológica orientada por critérios de precisão, verificação e crítica. A presente secção procurará, assim, interpretar esses dados à luz dos objetivos traçados, realçando o contributo de D. João de Castro para a emergência de uma abordagem científica da navegação.

5.2. A originalidade da abordagem de D. João de Castro

A singularidade da contribuição científica de D. João de Castro resulta da confluência de três elementos fundamentais: o rigor metodológico aplicado à experiência náutica, a consciência crítica face ao saber empírico dominante e a intenção deliberada de sistematização e divulgação dos fenómenos observados. Ao contrário da maioria dos pilotos e cosmógrafos do seu tempo, Castro não se limitava à recolha de dados utilitários. As suas observações, sobretudo sobre a declinação magnética, eram registadas com uma metodologia coerente, que incluía medições repetidas, comparação de resultados e cálculos para determinar valores médios, como se verifica no *Roteiro de Lisboa a Goa*.

O que distingue particularmente a sua abordagem é o uso da viagem marítima como verdadeiro laboratório científico. A bordo das naus, Castro aplicava os ensinamentos matemáticos e cosmográficos adquiridos com Pedro Nunes, mas adaptava-os às contingências da navegação real, operando uma síntese rara entre teoria e prática. Essa atitude manifesta-se não só nas medições magnéticas sistemáticas, como também na crítica que dirigiu às cartas náuticas da sua época, ao identificar os desvios causados pela não correção da declinação magnética.

Outro elemento distintivo da sua abordagem é a atenção às anomalias locais e à variabilidade dos fenómenos naturais. Ao identificar, por exemplo, o efeito de rochedos com propriedades magnéticas na agulha de marear, introduz um nível de interpretação causal que ultrapassa o registo mecânico da experiência. Castro ao reconhecer os limites dos instrumentos disponíveis para explicar certas variações, evidencia uma consciência epistemológica rara: sabe que nem tudo pode ser plenamente compreendido, mas encara essa limitação como um desafio à ciência futura, e não como motivo para aceitar explicações erróneas.

A originalidade da abordagem de D. João de Castro reside na sua capacidade de conjugar a observação empírica, crítica racional e um espírito de investigação metódica. Os seus roteiros, longe de serem meros relatos técnicos ou diários de bordo, constituem documentos de carácter técnico e científico de grande densidade, que antecipam práticas próprias da ciência moderna e que testemunham um momento de transição entre o saber empírico dos pilotos e a ciência náutica enquanto disciplina analítica e sistematizada.

5.3. Os roteiros como instrumentos técnico-científicos multifuncionais

Os roteiros redigidos por D. João de Castro representam uma forma original de produção de conhecimento técnico e científico no contexto da expansão marítima portuguesa.

Na sua dimensão prática, os roteiros funcionavam como guias indispensáveis para os navegadores. Descreviam com precisão as rotas, os portos, os ventos, os fundos, as barras e as referências visuais das costas. Eram elaborados a partir da experiência direta e destinavam-se a facilitar a repetição segura dos itinerários¹⁵⁸. A estrutura dos roteiros, que articulava o texto descritivo com as tábuas de mostras costeiras, permitia ao leitor identificar visualmente o que seria avistado a partir do mar, oferecendo uma ajuda prática à navegação em zonas pouco conhecidas ou mal cartografadas¹⁵⁹.

No plano científico, os roteiros revelam uma atitude inovadora face ao conhecimento natural. D. João de Castro foi um dos primeiros autores portugueses a aplicar um método experimental ao estudo do magnetismo terrestre. No *Roteiro*

¹⁵⁸ José Manuel Malhão Pereira, «Roteiros portugueses, séculos XVI a XVIII. : sua génese e influência no estudo da hidrografia, da meteorologia e do magnetismo terrestre», 27.

¹⁵⁹ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 47–48.

de Lisboa a Goa, como vimos, registou 56 observações da declinação magnética¹⁶⁰, com recurso a medições sistemáticas, comparação de dados e reflexão sobre os resultados. A repetição das experiências e o cálculo de médias demonstram uma preocupação clara com a fiabilidade dos dados obtidos.

Estes roteiros assumem, assim, um carácter híbrido: são simultaneamente diários de bordo, manuais de navegação e registos experimentais¹⁶¹. Castro descreve manobras, rotas e condições meteorológicas, mas também comenta erros, propõe correções e ensaia explicações para fenómenos desconhecidos. No caso do desvio da agulha, foi pioneiro ao identificar a influência de massas metálicas próximas da bússola, e ao associar esse fenómeno a locais específicos, como penhascos ferrosos em Moçambique. Quando os dados não correspondiam às expectativas, Castro não hesitava em suspender o juízo e deixar a questão em aberto, como demonstra o uso da expressão “solvat Apolo!”¹⁶², aceitando os limites do seu conhecimento para a época. Por vezes, ele remetia essas dúvidas a Pedro Nunes, dizendo “fique a duuida pera o doctor Pero nunez”¹⁶³.

A originalidade da sua abordagem reside na forma como articula prática e reflexão, cálculo e experiência. Os roteiros de D. João de Castro não só auxiliaram os navegadores do seu tempo, como deixaram um testemunho raro do pensamento técnico-científico português do século XVI, antecipando uma forma de observação sistemática da natureza que se tornaria central no desenvolvimento da ciência moderna.

¹⁶⁰ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 103.

¹⁶¹ De Jesus, «As ‘Tábuas dos Roteiros da Índia’ de D. João de Castro da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra», 78.

¹⁶² Castro, *Roteiro De Goa a Dio, Por D. João De Castro 1538-1539*, 93.

¹⁶³ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:183–84.

5.4. Limites à receção e difusão da sua obra

Apesar do rigor técnico e da originalidade das observações de D. João de Castro, a sua obra enfrentou múltiplos entraves à difusão e integração no saber náutico do seu tempo. Parte dessas dificuldades prende-se com o carácter pioneiro das suas descobertas: fenómenos como o desvio da agulha ou a atração local, por ele identificados, apenas viriam a ser confirmados por outros autores mais de um século depois, como Guillaume Dennis (1666)¹⁶⁴. A limitada precisão dos instrumentos disponíveis e as condições adversas da navegação dificultavam a replicação imediata das suas observações e comprometiam a aceitação generalizada dos seus resultados.

Do ponto de vista institucional, a circulação manuscrita das suas obras — frequentemente incompletas ou copiadas com erros¹⁶⁵ — retardou a divulgação do seu pensamento. A publicação tardia do *Roteiro de Lisboa a Goa*, apenas em 1882¹⁶⁶, ilustra bem esse desfasamento. Embora a “Notação Famosa” tenha sido interpolada em obras de outros autores, como Pe. Francisco da Costa ou André Garcia de Cespedes¹⁶⁷, a transmissão fora de contexto limitou o impacto científico da sua contribuição.

Em termos culturais, a resistência do meio náutico à renovação teórica constituiu outro obstáculo. A persistência da pseudo-lei da variação magnética,

¹⁶⁴ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:116.

¹⁶⁵ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 5–6.

¹⁶⁶ De Jesus, «As ‘Tábuas dos Roteiros da Índia’ de D. João de Castro da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra», 78–79.

¹⁶⁷ Cortesão e Albuquerque, *Obras Completas de D. João de Castro*, 1:289.

atribuída a João de Lisboa e já refutada por Castro em 1538¹⁶⁸, revela o peso da tradição sobre a evidência experimental. A oposição entre o conhecimento empírico dos pilotos e a abordagem crítica e metódica de Castro — um “homem de ciência e não piloto profissional”¹⁶⁹ — traduziu-se em tensões entre prática e teoria¹⁷⁰, frequentemente assinaladas pelo próprio autor nos seus roteiros.

Comparado com figuras como Pedro Nunes, de quem foi discípulo, Castro revela uma postura mais aplicada e observacional. Ao passo que Nunes escrevia para um público erudito e em latim ou castelhano¹⁷¹, Castro escrevia para pilotos, em português, adotando uma linguagem simples mas tecnicamente fundamentada¹⁷², o que dificultou a difusão da sua obra a nível internacional.

Apesar das limitações da sua época, D. João de Castro não se limitou a descrever erros ou fenómenos: propôs alternativas, desenvolveu métodos próprios e apontou os caminhos para a sua correção. A permanência de erros já refutados por Castro décadas antes, mostra que a aceitação da mudança era lenta e que o mérito científico nem sempre se traduz em influência imediata.

5.5. Impacto a longo prazo: legado científico e historiográfico

¹⁶⁸ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 11.

¹⁶⁹ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 11.

¹⁷⁰ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 56.

¹⁷¹ Lisboa et al., *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima*, 16.

¹⁷² Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 94.

O contributo de D. João de Castro para a ciência náutica e para o estudo do magnetismo terrestre insere-se num momento de transição entre a prática empírica dos Descobrimentos e o nascimento da ciência moderna europeia. A sua abordagem, centrada na observação rigorosa, na medição sistemática e na experimentação crítica, representou um avanço metodológico notável no contexto do século XVI¹⁷³, mesmo que a sua influência direta tenha sido limitada a curto prazo.

A conceção dos seus roteiros como instrumentos técnico-científicos¹⁷⁴ – onde se cruzam o diário de bordo, o manual de navegação e o registo experimental – antecipou práticas que apenas mais tarde se viriam a consolidar na ciência europeia. A "Notação Famosa", por exemplo, evidencia não só a sua preocupação com a correção da cartografia e a crítica aos erros perpetuados pelos pilotos, mas também a aplicação de um raciocínio sistemático que questionava ideias estabelecidas¹⁷⁵. Embora muitos dos seus textos só tenham sido editados muito tempo depois da sua morte, o facto de terem circulado, ainda que de forma fragmentária, entre autores ibéricos e europeus demonstra que o seu trabalho foi, mesmo que parcialmente, reconhecido e reutilizado.

A receção do seu legado fora de Portugal confirma essa influência diferida. O testemunho de Alonso de Santa Cruz¹⁷⁶, que possuía uma cópia do *Roteiro de Lisboa a Goa*, bem como a transcrição da "Notação Famosa" em obras castelhanas e jesuíticas, indica que o seu pensamento não se perdeu totalmente. A sua representação visual da costa, através das tábuas, e a crítica fundamentada aos

¹⁷³ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 9–10.

¹⁷⁴ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 19.

¹⁷⁵ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 11.

¹⁷⁶ Albuquerque, *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*, 73:108–9.

erros magnéticos presentes nas cartas contribuíram para um novo modelo de representação geográfica e náutica¹⁷⁷, cuja importância se faria sentir em séculos posteriores, sobretudo na cartografia hidrográfica.

D. João de Castro representa, assim, um marco de transição. O seu trabalho não apenas ampliou o conhecimento náutico do seu tempo, como deixou um modelo de pensamento baseado na experiência crítica e na observação sistemática. A sua obra, relida à luz da história da ciência, constitui hoje um dos testemunhos mais relevantes da emergência de uma racionalidade técnico-científica no espaço português dos Descobrimentos¹⁷⁸.



179

Figura 7: moeda de 1000 escudos com a gravura de D. João de Castro.

¹⁷⁷ Rangel, «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro», 74–75.

¹⁷⁸ Albuquerque, *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*, 19.

¹⁷⁹ NumisCorner, Coin, Portugal, 1000 Escudos, 2000 – Silver – D. João de Castro, <https://www.numiscorner.com/products/435020-coin-portugal-1000-escudos-2000-ms-63-silver-km-732>, acedido em 25/5/2025.

Conclusão

A presente investigação procurou compreender de forma integrada a relevância científica, técnica e epistemológica da obra de D. João de Castro, a partir de uma análise detalhada dos seus roteiros, das suas observações magnéticas e do contexto náutico-científico português do século XVI. Ao longo deste percurso, tornou-se evidente que os roteiros de D. João de Castro não são meros relatos de viagens, mas instrumentos multifuncionais que articulam, de modo original, conhecimento empírico, reflexão teórica e finalidades práticas. A sua obra representa uma das mais lúcidas expressões da confluência entre ciência e navegação no contexto dos Descobrimentos.

A abordagem metodológica de Castro, caracterizada por uma recolha sistemática de dados, espírito crítico e experimentação constante, revela um modo de fazer ciência que antecipa práticas consolidadas apenas nos séculos posteriores. O rigor das suas observações, em especial no domínio do magnetismo terrestre, e a forma como procurou explicações para fenómenos anómalos, mesmo sem os instrumentos teóricos ou técnicos de que a ciência moderna viria a dispor, conferem à sua figura uma importância duradoura. A sua atitude de interrogação contínua, associada à honestidade intelectual com que reconhecia os limites do conhecimento disponível, merece ser reconhecida como uma contribuição relevante para a história da ciência europeia.

Do ponto de vista historiográfico, esta análise permite também relativizar certas leituras lineares sobre o progresso científico. A dificuldade em difundir o trabalho de D. João de Castro — motivada por fatores técnicos, culturais, institucionais e linguísticos — recorda-nos que a inovação científica não depende apenas do seu valor intrínseco, mas também das condições de receção, validação e transmissão do saber. Ao mesmo tempo, a sua redescoberta e valorização em estudos posteriores mostram que certos legados, mesmo que marginalizados no seu tempo, acabam por afirmar-se pela solidez da sua metodologia e pela

pertinência das suas observações.

O corpus estudado abre ainda caminhos relevantes para futuras investigações. A análise cruzada entre náutica, geofísica e história das ideias pode aprofundar a compreensão do papel desempenhado pelos saberes práticos nos primórdios da ciência moderna. Por outro lado, o estudo da receção, circulação e transformação dos textos técnicos portugueses ao longo dos séculos poderá contribuir para uma revalorização da epistemologia náutica luso-ibérica. Em tempos em que se procura resgatar formas alternativas e históricas de produção de conhecimento, a figura de D. João de Castro oferece um exemplo paradigmático da ciência feita no terreno, com os pés na prancha do navio e os olhos no horizonte da descoberta.

Bibliografia

- Albuquerque, Luís. *Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses*. 1.^a. Vol. 73. Biblioteca Breve, Série História. Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Ministério da Educação, 1983.
- Albuquerque, Luís. *Contribuição Das Navegações Do Sec. XVI Para O Conhecimento Do Magnetismo Terrestre*. Secção de Coimbra, Agrupamento de Estudos de Cartografia Antiga, XLIV. Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1970.
- Albuquerque, Luís. *Estudos de História*. IV. Acta Universitatis Conimbrigensis. Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra, 1976.
- Albuquerque, Luís. *O «Tratado Da Agulha De Marear» De João De Lisboa; Reconstituição Do Seu Texto, Seguida De Uma Versão Francesa Com Anotações*. Secção de Coimbra, Centro de Estudos de Cartografia Antiga, CL. Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1982.
- Barreto, Luís Filipe. *O Problema Do Conhecimento Na Sphaera De D. João De Castro*. Centro de Estudos de História e Cartografia Antiga 174. Instituto de Investigação Científica Tropical, 1985.
- Castro, João. *Roteiro De Goa a Dio, Por D. João De Castro 1538-1539*. Editado por Köpke Diogo. Porto: - Typographia commercial portuense, 1843.
- Castro, João. *Roteiros De D. João De Castro (1538) Volume 1 de Roteiros de D. João de Castro, Abel Fontoura Costa*. 2.^a. Com República Portuguesa Ministério das Colónias. Divisão De Publicações E Biblioteca, Agência Geral Das Colónias, 1939.
- Castro, João de. *Roteiro que fez dom João de Castro de viagem que fizeram os Portugueses desde India atee Soez*. University of Minnesota Libraries, James Ford Bell Library, 1541. <https://umedia.lib.umn.edu/item/p16022coll184:11147>.
- Cortesão, Armando, e Luís Albuquerque. *Obras Completas de D. João de Castro*. Vol. 1. Academia Internacional da Cultura Portuguesa, 1968.
- De Jesus, Roger Lee. «As ‘Tábuas dos Roteiros da Índia’ de D. João de Castro da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra: novos dados». *Boletim da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra* 51 (julho de 2021): 75–116. https://doi.org/10.14195/2184-7681_51_3.

Hooykaas, Reijer. *The Erasmian Influence on D. João De Castro*. Secção de Coimbra, Centro de Estudos de Cartografia Antiga, CXIV. Junta de Investigações Científicas do Ultramar, 1979.

IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosfera. «Geomagnetismo». Enciclopédia IPMA, 2025. <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/geofisica/geomagnetismo/index.html>.

José Manuel Malhão Pereira. «Roteiros portugueses, séculos XVI a XVIII. : sua génese e influência no estudo da hidrografia, da meteorologia e do magnetismo terrestre». Doutoramento em História e Filosofia das Ciências, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2017.

Lisboa, João, Pedro Nuñez, e Fernão de Oliveira. *Primeiras obras de marinharia e guerra marítima: Livro de marinharia, João de Lisboa: Tratado sobre certas dúvidas da navegação e Tratado em defesa da carta de marear com o regimento da altura, Pedro Nunes: Arte da guerra do mar, Fernando Oliveira*. 1.ª edição. Editado por António Canas, José Eduardo Franco, e Carlos Fiolhais. Obras pioneiras da cultura portuguesa / direção José Eduardo Franco, Carlos Fiolhais, Volume 9. Círculo de Leitores, 2018.

Nunes, Pedro. *Pedro Nunes – Obras*. Volume 1 Tratado Da Sphera. Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

Rangel, Artur. «O Magnetismo Terrestre No Roteiro De Lisboa a Goa as Experiências De D. João De Castro». Tese de Mestrado em História dos Descobrimentos Portugueses, Universidade de Lisboa - Faculdade de Letras, 2008.

Rosado, David Miguel Pascoal. «O Dever de Exaltar um dos Maiores Heróis da História de Portugal: D. João de Castro». *Revista Militar* 2503/2504 (Agosto/Setembro de 2010). <https://www.revistamilitar.pt/artigo/593>.