



MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO
CENTRO DE INSTRUÇÃO E ADESTRAMENTO ALMIRANTE RADLER DE AQUINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO EM HIDROGRAFIA PARA OFICIAIS

ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIO OBJETIVO PARA CÁLCULO DE PRAZO DE
CONFECÇÃO DE “BACALHAU”

2º Ten. Antoine Fredy BEFE

Niterói-RJ, Brasil
Outubro, 2025

Antoine Fredy BEFE

ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIO OBJETIVO PARA CÁLCULO DE PRAZO DE
CONFECÇÃO DE “BACALHAU”

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao corpo docente e técnico do Centro de Instrução e Adestramento Almirante Radler de Aquino da Marinha do Brasil (CIAARA/MB), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Oficial Hidrógrafo.

Orientador: CT(EN) José Celso

Niterói – RJ

Outubro, 2025

Befe, Antoine Fredy

Estabelecimento de Critério objetivo para cálculo de prazo de confecção de “Bacalhau”

Orientador: CT (EN) José Celso Corrêa Gonçalves Junior

Monografia – MB/CIAARA Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais, 2025.

Referências Bibliográficas: p. 28.

I. CT(EN) José Celso. II. Centro de Instrução e Adestramento Almirante Radler de Aquino, CIAARA, Curso de Aperfeiçoamento em Hidrografia para Oficiais. III. Estabelecimento de Critério objetivo para cálculo de prazo de confecção de “Bacalhau”

ESTABELECIMENTO DE CRITÉRIO OBJETIVO PARA CÁLCULO DE PRAZO DE
CONFECÇÃO DE “BACALHAU”

Antoine Fredy Befe

Examinada por:

CF (RM1-EN) Flávia Mandarino, Dra.

CT (EN) Victor Moura Pimentel, Esp.

CT (EN) José Celso Corrêa Gonçalves Junior, Esp.

NITERÓI, RJ – BRASIL

OUTUBRO DE 2025

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal definir critérios objetivos e padronizados para o cálculo do prazo de confecção de “Bacalhau” na produção cartográfica náutica, reduzindo a subjetividade das estimativas de tempo e promovendo maior previsibilidade, eficiência e uniformidade no processo.

A metodologia proposta considera fatores como a natureza da feição cartografada, o tipo de dado necessário para confirmação, o grau de incerteza, a disponibilidade de campanhas hidrográficas, o nível de prioridade da carta e os recursos humanos e tecnológicos envolvidos. Para isso, sugere-se a criação de uma matriz de decisão ou modelo de cálculo capaz de gerar estimativas justificadas de prazo, aplicáveis tanto ao planejamento quanto a auditorias internas.

O trabalho também prevê a validação do modelo por meio da análise de casos práticos, comparando prazos observados e estimados, possibilitando ajustes e calibração dos parâmetros. Espera-se, assim, contribuir para o aprimoramento da governança da informação cartográfica e para o fortalecimento da confiança nos produtos náuticos atualizados por meio de “Bacalhaus”.

ABSTRACT

This study aims to establish objective and standardized criteria for calculating the timeframe required for the production of “Bacalhau” in nautical cartography, reducing the subjectivity of time estimates and promoting greater predictability, efficiency, and consistency in the process.

The proposed methodology considers factors such as the nature of the mapped feature, the type of data required for confirmation, the degree of uncertainty, the availability of hydrographic surveys, the chart’s priority level, and the human and technological resources involved. A decision matrix or calculation model is suggested to generate justified time estimates, applicable both to planning and to internal audits.

The study also foresees validation of the model through the analysis of practical cases, comparing observed and estimated timeframes, allowing for adjustments and parameter calibration. It is expected that this work will contribute to improving cartographic information governance and strengthening confidence in nautical products updated through “Bacalhau”.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MAE	Mean Absolute Error → Erro Absoluto Médio
IQR	Interquartile Range → Intervalo Interquartílico
KPIs	Key Performance Indicators → Indicadores-chave de desempenho
PCE	Paper Chart Editor
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
CIAARA	Centro de Instrução e Adestramento Almirante Radler de Aquino
SE	Source Editor
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
ISO	International Organization for Standardization
HPD	Hydrographic Production Database
UKHO	United Kingdom Hydrographic Office
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
RMSE	Root Mean Square Error
GNSS	Global Navigation Satellite System
IC-ENC	International Centre for Electronic Navigational Charts

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
1.1.1. A importância da atualização contínua das cartas náuticas.....	14
1.1.2. Gestão de prazos e critérios objetivos na atualização cartográfica.....	14
1.1.3. Validação do modelo e controle de qualidade.....	15
2. OBJETIVO.....	16
3. JUSTIFICATIVA.....	16
4. METODOLOGIA.....	18
5. ETAPAS DE ELABORAÇÃO DE “BACALHAUS”.....	20
5.1. Período a ser avaliado.....	20
5.2. Critérios de classificação dos “Bacalhaus”.....	20
5.3. Construção do banco de dados de casos de estudo.....	21
5.4. Cálculo da média e/ou moda do tempo de elaboração (análise exploratória).....	21
5.5. Definição do cálculo dos prazos a partir dos pesos estabelecidos.....	22
5.6. Definição do conjunto de dados para validação.....	23
5.7. Realização da validação (procedimento).....	23
5.7.1. Métricas de performance.....	23
5.7.2. Procedimento estatístico.....	23
5.7.3. Critérios de aceitação sugeridos (ajustar ao contexto CHM).....	24
5.7.4. Ajustes iterativos.....	24
5.8. Implementação e documentação.....	24
5.9. Relatório final e indicadores operacionais.....	24
5.10. Observações finais / Boas práticas.....	25
6. CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A produção cartográfica náutica depende da atualização contínua das cartas para garantir a segurança da navegação e a confiabilidade das informações fornecidas aos usuários.

O estabelecimento de uma carta náutica oficial envolve uma série de etapas rigorosas, que vão desde o levantamento hidrográfico (com o levantamento sistemático do fundo marinho ou de rios, utilizando apoio de receptores *GNSS*), até o processamento cartográfico, a validação dos dados e a homologação por órgãos internacionais como o *International Centre for Electronic Navigational Charts* (IC-ENC). É um processo técnico, demorado e que exige pessoal especializado e a atualização de cartas náuticas se torna necessária para manter os produtos náuticos coerentes com o mundo real e atender aos navegantes.

Com o avanço da tecnologia, a popularização de Cartas de Navegação Eletrônicas (ENCs) e de sistemas de navegação por satélites também cria novos desafios. Hoje, muitos navegadores operam com *softwares* e aplicativos que permitem o uso de cartas náuticas gratuitas ou adquiridas de representantes comerciais autorizados, mas também existe a possibilidade de uso de cartas desatualizadas ou não-oficiais, e, nestes casos haverá risco para a navegação. É importante que a atualização de cartas náuticas, em papel ou eletrônicas, seja realizada através de criteriosa avaliação técnica, evitando o comprometimento da navegação.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1 A importância da atualização contínua das cartas náuticas

A produção cartográfica náutica depende da atualização constante das cartas para garantir a segurança da navegação e a confiabilidade das informações fornecidas aos usuários. A literatura sobre cartografia náutica destaca que o processo de atualização envolve diversas etapas técnicas, que incluem o levantamento hidrográfico sistemático do fundo marinho ou de rios, utilizando receptores GNSS, o processamento cartográfico, a validação dos dados e a homologação por órgãos internacionais, como o *International Centre for Electronic Navigational Charts* (IC-ENC).

Normas da *International Hydrographic Organization* (IHO), como S-4, S-44, S-57 e S-100, fornecem diretrizes internacionais para assegurar a precisão e confiabilidade das cartas, reforçando a necessidade de critérios objetivos e padronizados para a atualização de “Bacalhaus”. Além disso, documentos do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) detalham práticas adotadas no Brasil, salientando que os Bacalhaus são ferramentas essenciais para inserir correções e novas feições nas Cartas Náuticas.

1.1.2 Gestão de prazos e critérios objetivos na atualização cartográfica

Diante da complexidade do processo de atualização cartográfica, as normas da IHO como a S-4, S-44 e S-100 e os manuais do CHM destacam que a estimativa de prazos deve ser objetiva e baseada em parâmetros mensuráveis, a fim de reduzir a subjetividade e aumentar a previsibilidade. Além disso, as diretrizes da norma ISO 9001:2015, voltadas para a gestão da qualidade, e o PMBOK (Project Management Body of Knowledge), referência internacional em planejamento e controle de projetos, reforçam a importância de utilizar critérios mensuráveis e indicadores de desempenho para o acompanhamento dos prazos e recursos empregados. A integração dessas normas e metodologias fornece uma base sólida para o estabelecimento de critérios objetivos de cálculo do prazo de confecção de “Bacalhaus”, garantindo maior coerência, rastreabilidade e eficiência ao processo de atualização cartográfica.

Diversos fatores influenciam diretamente o tempo necessário para a confecção de “Bacalhaus”, incluindo a natureza da feição cartografada, o tipo de dado necessário para confirmação (levantamentos sonar, marés, imagens satelitais ou validação em campo), o grau de incerteza, a disponibilidade de campanhas hidrográficas, a prioridade da carta e os recursos humanos e

tecnológicos envolvidos.

Normas de gestão de processos, como a ISO 9001:2015, e metodologias de planejamento de projetos, como o PMBOK, oferecem bases para criar modelos sistemáticos de cálculo de prazo, permitindo cronogramas coerentes, rastreabilidade das etapas e suporte para auditorias internas.

1.1.3 Validação do modelo e controle de qualidade

A revisão bibliográfica, composta por normas e manuais técnicos da IHO (2020), UKHO (2019) e NOAA (2020), bem como por metodologias de análise de decisão propostas por Saaty (1980) e diretrizes do PMBOK (PMI, 2021), aponta que, para garantir a confiabilidade das estimativas de prazo, é necessário validar o modelo de cálculo utilizando dados históricos de produção cartográfica. Os critérios técnicos de acurácia estabelecidos pela IHO S-44 e as práticas internacionais de cartografia eletrônica demonstram a importância de comparar os prazos estimados com os efetivamente observados, calibrando os parâmetros e ajustando os fatores de influência. Ferramentas de decisão multicritério, como as matrizes de priorização baseadas no método de Saaty (1980), são recomendadas para organizar os fatores determinantes do prazo, permitindo decisões justificadas e confiáveis.

Critérios técnicos de acurácia estabelecidos pela IHO (S-44) e práticas internacionais de cartografia eletrônica, como as do UK Hydrographic Office (UKHO) e da NOAA, demonstram a importância de comparar os prazos estimados com os efetivamente observados, calibrando os parâmetros e ajustando os fatores de influência. Ferramentas de decisão multicritério, como matrizes de priorização, são recomendadas para organizar os fatores determinantes do prazo, permitindo decisões justificadas e confiáveis.

2 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo principal estabelecer critérios objetivos e padronizados para o cálculo de prazo necessário à confecção de “Bacalhaus” no âmbito da produção cartográfica náutica. A proposta visa de reduzir a subjetividade atualmente associada à estimativa de tempo envolvido nesse processo, promovendo maior previsibilidade, eficiência, rastreabilidade e uniformidade no planejamento e execução das atividades cartográficas, sobretudo no contexto da atualização de cartas náuticas produzidas pelo CHM.

Os “Bacalhaus”, enquanto elementos atualizadores inseridos em cartas náuticas, representam uma etapa fundamental na cadeia de produção cartográfica.

Diante desse contexto, o trabalho se propõe desenvolver uma metodologia técnica, baseada em parâmetros mensuráveis, que permita estimar de forma sistemática o prazo de confecção de “Bacalhaus”, considerando fatores como: natureza da feição cartografada (geológica, batimétrica, antropogênica etc.); tipo de dado necessário para sua confirmação (levantamento sonar, dados de maré, imagens satelitais, validação em campo etc); disponibilidade e periodicidade de companhias hidrográficas na região; nível de prioridade da carta ou da feição; e recursos humanos e tecnológicos envolvidos.

Além disso, o trabalho tem como objetivo secundário propor uma matriz de decisão ou modelo de cálculo que, ao ser aplicado a cada “Bacalhau” identificado, retorne uma estimativa justificada de prazo, a ser utilizada tanto na fase de planejamento da produção cartográfica quanto em auditorias e revisões internas. Esse modelo poderá ser utilizado para facilitar a priorização de ações, alocação de equipes, elaboração de cronogramas e comunicação de prazos com órgãos parceiros ou usuários finais das cartas.

Outro objetivo importante é validar o modelo proposta a partir da análise de casos práticos, utilizando dados históricos de produção cartográfica com “Bacalhaus”, de forma a comparar os prazos efetivamente observados. Essa comparação permitirá ajustes e calibração dos parâmetros considerados, além de fornecer evidências para aprovação da metodologia. Ao final, espera-se que este trabalho contribua significativamente para o aprimoramento da governança da informação cartográfica, promovendo uma cultura organizacional orientada a critérios técnicos objetivos e aumentar a confiança nas informações contidas nas cartas atualizadas através de “Bacalhaus”.

3 JUSTIFICATIVA

A execução do procedimento de elaboração de “Bacalhaus”, desde a análise da necessidade de atualização do produto até a publicação final em AVGANTE e aplicação nos produtos ENC, RASTER e papel, é fundamental para garantir que as cartas náuticas reflitam de maneira precisa e confiável as condições atuais da navegação. A etapa inicial de análise permite identificar de forma sistemática áreas ou feições que necessitam de atualização, assegurando que nenhuma alteração relevante passe despercebida.

Em seguida, a abertura dos projetos no *Caris HPD Source Editor* (SE) e no *Caris HPD Paper Chart Editor* (PCE) organiza os dados e prepara o ambiente de trabalho para a aplicação das mudanças. A edição no SE, acompanhada de rigoroso controle de qualidade, garante que as alterações

estejam de acordo com as normas cartográficas e padrões de precisão, evitando erros que possam comprometer a segurança da navegação.

Posteriormente, a edição no Product Editor (PE) consolida as alterações em ambiente digital, assegurando consistência e padronização nas cartas eletrônicas. A correção de canais atualiza informações críticas, como profundidades, balizamento e obstáculos, refletindo fielmente o ambiente marítimo.

A edição nos produtos e vetores cartográficos consolida os dados finais, preparando-os para a validação internacional, que é realizada com o envio ao IC-ENC, garantindo conformidade com padrões globais de cartografia náutica. Por fim, a publicação dos “Bacalhaus” disponibiliza as informações atualizadas para os usuários finais, assegurando acesso confiável e rastreável tanto em formato digital quanto físico.

Todo esse procedimento é essencial para reduzir riscos de erro, garantir a confiabilidade das informações, atender padrões internacionais e proporcionar rastreabilidade e transparência no processo de atualização cartográfica. Além disso, a padronização das etapas otimiza a gestão de prazos e recursos, facilita o planejamento e priorização de “Bacalhaus” e assegura que cada atualização seja técnica, auditável e devidamente documentada.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho visa estabelecer um critério objetivo para o cálculo do prazo de confecção de “Bacalhaus”. Para isso, seguirá uma abordagem estruturada em etapas sucessivas, de forma a garantir clareza, reproduzibilidade e rigor no processo de definição e validação dos critérios objetivos de cálculo do prazo necessário à elaboração de “Bacalhaus”.

4.1 Definição do período a ser avaliado

Inicialmente, será estabelecido o período de referência que servirá de base para o estudo. Esse intervalo deve contemplar um conjunto de projetos recentes e representativos do processo de confecção de “Bacalhaus”, de forma a refletir práticas atuais, tecnologias em uso e normas vigentes.

Esse recorte temporal permitirá criar uma amostra homogênea e comparável, servindo como base sólida para as análises posteriores.

4.2 Classificação dos “Bacalhaus”

Os “Bacalhaus” incluídos no estudo serão classificados segundo critérios padronizados que

permitam agrupar projetos com características semelhantes. Serão considerados, entre outros, os seguintes parâmetros:

- Área ou número de folhas;
- Escala da carta;
- Nível de complexidade (baixa, média ou alta);
- Qualidade e disponibilidade dos dados de base;
- Tipo de produto (atualização).

Essa classificação objetiva permitirá organizar os dados em categorias comparáveis e facilitar a análise estatística.

4.3 Cálculo da média e/ou moda do tempo de elaboração

Para cada categoria definida, será calculado o tempo médio e, quando pertinente, a mediana ou a moda da duração observada na confecção dos “Bacalhaus”. Esse tratamento estatístico permitirá identificar valores representativos para cada classe, reduzindo a influência de casos atípicos e assegurando que os prazos estimados refletem a realidade observada.

4.4 Definição dos prazos a partir de pesos estabelecidos

Com base nas médias obtidas e nos fatores de influência identificados (escala, complexidade, qualidade dos dados, etc.), será construída uma fórmula de cálculo do prazo. Essa fórmula aplicará pesos predefinidos a cada fator, de modo a ajustar o tempo estimado às características específicas de cada “Bacalhau”. O resultado será um modelo padronizado, de fácil aplicação, que poderá ser utilizado de forma consistente no planejamento das atividades cartográficas.

4.5 Definição do conjunto de dados para validação

Será selecionado um subconjunto independente de projetos (não utilizado na fase de calibração do modelo) para servir como base de validação. Esse conjunto de dados deve incluir “Bacalhaus” de diferentes categorias, assegurando que o modelo seja testado em cenários variados e que sua robustez seja devidamente avaliada.

4.6 Realização da validação

Na etapa final, o modelo proposto será aplicado aos casos de validação. Os prazos calculados serão comparados com os prazos reais de elaboração, utilizando métricas como erro médio absoluto, erro percentual médio e viés. Essa análise permitirá verificar a precisão e a confiabilidade do modelo, identificar eventuais ajustes necessários e confirmar se os critérios definidos atendem aos

objetivos de previsibilidade, rastreabilidade e uniformidade.

4.7 Síntese e recomendações

Os resultados obtidos serão consolidados em um relatório, destacando:

- O modelo final de cálculo dos prazos;
- As métricas de desempenho da validação;
- Recomendações de uso prático;
- Sugestões para revisões periódicas e aperfeiçoamento contínuo.

Será descrito como transformar observações históricas em um modelo padronizado e validado para estimativa de prazo de confecção de “Bacalhaus” (rascunhos/cartas de trabalho). Inclui coleta, classificação, cálculo de estatísticas, construção de fórmula ponderada e validação.

5. ETAPAS DE ELABORAÇÃO DE “BACALHAUS”

5.1. Período a ser avaliado

O período a ser avaliado corresponde ao intervalo de tempo que servirá de base para a coleta dos dados históricos de elaboração de “Bacalhaus”. Esse recorte é fundamental para garantir que as estimativas reflitam a realidade atual da produção cartográfica.

Na definição desse período devem ser observados os seguintes critérios:

- **Representatividade:** o período deve conter casos suficientes para compor uma amostra estatisticamente significativa, evitando distorções.
- **Atualidade :** deve contemplar projetos desenvolvidos sob as mesmas condições tecnológicas, metodológicas e normativas atualmente vigentes.
- **Extensão temporal :** recomenda-se um intervalo mínimo de 24 a 36 meses, de modo a captar variações sazonais e operacionais, mas sem incluir dados demasiadamente antigos que já não representem a prática atual.
- **Estratificação:** caso haja mudanças relevantes no processo (ex.: adoção de novo software, mudança de normas do IHO, reorganização de equipe), o período pode ser subdividido em fases, para permitir comparações mais precisas.

5.2. Critérios de classificação dos “Bacalhaus”

Para reduzir a subjetividade e permitir comparações consistentes entre diferentes projetos, torna-se necessário definir critérios objetivos de classificação dos “Bacalhaus”. Essa etapa assegura que cada produto cartográfico seja enquadrado em categorias homogêneas, facilitando a análise estatística dos tempos de elaboração e a posterior aplicação do modelo de cálculo de prazos.

Os principais critérios de classificação propostos são:

- Área / Nº folhas (A): nº de folhas padrão ou área coberta. Categorias sugeridas: 1, 2–4, 5–10, >10.
- Escala (E): categorizar por faixas (ex.: 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000, regional/oceanográfica). Converter em Fator de Escala (Fe) numérico.
- Complexidade (C) qualitativa convertida em fator:
 - .3 Baixa (C=1.0): poucas Auxílios à Navegação, pouca toponímia, fundo simples.
 - .4 Média (C=1.5): várias camadas (batimetria detalhada, tráfego moderado).
 - .5 Alta (C=2.0): portos complexos, rotas densas, restrições, múltiplas camadas.

- Tipo de produto: (Atualização pontual).
- Equipe / Experiência (P): junior / mista / senior → fator (ex.: 1.2 / 1.0 / 0.85).
- Outros: restrições normativas, revisão externa, coordenação interinstitucional.

Cada atributo deve ser codificado no cadastro do caso, com definição clara de valores e de como convertê-los em fatores numéricos.

5.3. Construção do banco de dados de casos de estudo

- ID, Data início, Data fim, Prazo real (horas úteis), Área (nº folhas), Escala, Complexidade, Tipo, Dados disponíveis (qualidade), Necessidade de levantamento, Equipe (composição), Nº de revisões, Observações, Versão final (sim/não).

Qualidade da amostra:

- Recomenda-se ≥ 30 casos por classe principal (ou combinar classes se escassez). Se poucos casos, ampliar período de coleta.
- Registrar mudanças processuais (importante registrar esses fatores de confusão para não mascarar resultados).

5.4. Cálculo da média e/ou moda do tempo de elaboração (análise exploratória)

- Limpeza de dados: remover duplicados; verificar datas inconsistentes; transformar prazos para horas úteis.
- Estatísticas descritivas por classe: calcular média, mediana, moda, desvio padrão, IQR, mínimo, máximo.
- Tratamento de outliers: identificar por método IQR (valores $< Q1 - 1.5 \cdot IQR$ ou $> Q3 + 1.5 \cdot IQR$). Avaliar caso a caso:
 - excluir se erro claro (registro errado),
 - manter e documentar se for legítimo (caso extremo).
- Escolha da estatística de referência:
 - Média (útil para modelos de alocação de recursos quando distribuição é aproximadamente normal).

- Mediana (mais robusta a outliers; recomendada se distribuição é assimétrica).
 - Moda (útil quando há um valor de operação padrão repetido — ex.: “8h por folha”).
 - Recomenda-se reportar média + mediana + moda e optar por mediana como estimador central do tempo base quando houver assimetria.
- e. Intervalos de confiança: calcular CI 95% para a média (bootstrap se amostra pequena/não normal).

5.5. Definição do cálculo dos prazos a partir dos pesos estabelecidos

i) Aplicação da formula sugerida

$$PT = Tb \times A \times Fe \times Fc \times Fd \times Fp \times Fo + Tr$$

Onde:

PT = prazo estimado (horas úteis).

- Tb = tempo base por unidade (ex.: horas por folha ou por km²) — obtido da mediana histórica por unidade.
- A = número de unidades (folhas ou unidades definidas).
- Fe = fator de escala (definido por tabela).
- Fc = fator de complexidade (1.0 / 1.5 / 2.0).
- Fd = fator qualidade/disp. de dados (0.9 / 1.0 / 1.2).
- Fp = fator de desempenho da equipe (experiência).
- Fo = fatores operacionais (revisões externas, coordenação) — multiplicador (ex.: +0.15 → multiplicar por 1.15) ou somar tempo fixo.
- Tr = tempo de revisão final e contingência (p.ex. 15–25% do subtotal) — pode ser calculado como $Tr = \gamma \times (Tb \times A \times \dots)$ com γ entre 0.15 e 0.25.

Exemplo de tabela de fatores (sugestão — ajustar com dados CHM)

- Fator de Escala FeF_eFe: 1:10.000 → 1.3 ; 1:25.000 → 1.2 ; 1:50k → 1.0 ; 1:100.000 → 0.85
- Fator Complexidade FcF_cFc: Baixa =1.0 ; Média =1.5 ; Alta =2.0
- Fator Dados FdF_dFd: Bom =0.9 ; Médio =1.0 ; Pobre =1.2
- Fator Equipe FpF_pFp: Senior =0.85 ; Mista =1.0 ; Júnior =1.2
- Contingência γ \gamma: 0.20 (20%)

ii) Alternativa: modelo aditivo híbrido

Se certas tarefas são fixas por carta (revisão normativa, coordenação), representar como soma de tempos fixos mais o componente variável:

$$PT = \underbrace{T_{\text{fixo}}}_{\text{revisão, coord., aprovação}} + \underbrace{T_b \times A \times \prod F_i}_{\text{traçado e composição}}$$

5.6. Definição do conjunto de dados para validação

- Divisão dos dados: separar histórico em: 70% treinamento (para calibrar TbT_bTb e fatores) e 30% validação final.
- Estratificação: garantir que cada classe (escala/complexidade) esteja representada em ambas as amostras.
- Conjunto externo: se possível, reservar 10 – 15 casos mais recentes (não usados na calibração) como teste final de aceitação.
- Campos para validação: Prazo real vs Prazo estimado; erros (%), número de revisões, feedback qualitativo.

5.7. Realização da validação (procedimento)

5.7.1. Métricas de performance

- Erro absoluto médio (MAE):** $MAE = \frac{1}{n} \sum |PT_{\text{estimado}} - PT_{\text{real}}|$.
- RMSE** (sensitive a erros grandes).
- Bias médio:** média dos erros (indica sub/ superestimação sistemática).
- MAPE** (% relativo): média percentual absoluta — útil para comunicar precisão.
- % de estimativas dentro de $\pm 10\% / \pm 20\%$** (ou outra tolerância operacional).

5.7.2. Procedimento estatístico

- Aplicar o modelo com fatores calibrados ao conjunto de validação.
- Calcular as métricas acima.
- Plotar: scatter (real x estimado), gráfico de resíduos (erro vs estimado), Bland–Altman para

verificar viés e limites de concordância.

- d Teste de significância: comparar média de estimativas vs média real, usar teste **t** pareado (se normal) ou Wilcoxon (se não normal) para detectar viés estatisticamente significativo.
- e Análise por subgrupos: verificar desempenho por escala, complexidade e tamanho (A).

5.7.3. Critérios de aceitação sugeridos (ajustar ao contexto CHM)

- a $MAE \leq 15\%$ do tempo médio histórico; ou pelo menos 70% dos casos com erro $\leq \pm 20\%$.
- b Ausência de viés sistemático (bias estatisticamente não significativo).
- c Aceitável interpretabilidade e simplicidade do modelo (fatores claros).

5.7.4. Ajustes iterativos

- a Se desempenho insatisfatório, recalibrar fatores: usar regressão linear múltipla com $\log(\text{prazo})$ como variável dependente para estimar pesos empíricos; transformar coeficientes em fatores práticos.
- b Reavaliar inclusão/exclusão de variáveis (p.ex., número de revisões como preditor).

5.8. Implementação e documentação

- a. Template de cálculo: criar planilha ou ferramenta (por ex. Excel/Google Sheets) com: campos de entrada, seleção de fatores via dropdown, cálculo automático de *PT* e relatório de sensibilidade.
- b. Manual de aplicação: definições, tabelas de fatores, exemplos, instruções para lidar com casos atípicos e regras de contingência.
- c. Registro de versões: toda alteração nos fatores ou metodologia deve gerar nova versão do manual e re-validação.
- d. Rastreabilidade: manter base de dados atualizada com casos futuros para re-calibração anual.

5.9. Relatório final e indicadores operacionais

- a Relatório com: descrição do período, amostra, estatísticas descritivas, fórmula final, fatores adotados, resultados da validação (métricas e gráficos), e recomendações.
- b KPIs a acompanhar (mensal/trimestral): média de erro de estimativa, % de conformidade

com prazos, variação por classe, tempo médio de revisão.

5.10. Observações finais / Boas práticas

- a Transparência: manter registro completo das decisões (por que um caso foi excluído, por ex.).
- b Simplicidade vs Precisão: preferir fórmula interpretável e operacional; se um modelo estatístico complexo trouxer ganhos modestos, ponderar custo de manutenção.
- c Revisão periódica: recalibrar fatores a cada 12 meses ou após mudança de processo/tecnologia.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo propôs o desenvolvimento de um modelo metodológico para a estimativa objetiva do prazo de confecção de “Bacalhaus”, elemento fundamental no processo de atualização cartográfica náutica conduzido pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM). A partir da análise das normas internacionais da IHO, dos princípios de gestão de qualidade (ISO 9001:2015) e das metodologias de planejamento de projetos (PMBOK), foi possível estruturar um procedimento padronizado que integra critérios técnicos, estatísticos e operacionais.

O modelo proposto contribui para reduzir a subjetividade na definição dos prazos, promovendo maior previsibilidade, rastreabilidade e eficiência nas etapas de produção cartográfica. A utilização de fatores ponderados como escala, complexidade, qualidade dos dados e experiência da equipe permite adequar o tempo estimado às particularidades de cada projeto, enquanto a fase de validação assegura a confiabilidade e a aderência dos resultados à realidade observada.

Além de oferecer suporte à gestão interna e ao planejamento das atividades, o método proporciona base técnica para auditorias e revisões periódicas, fortalecendo a governança da informação cartográfica e a conformidade com padrões internacionais. Recomenda-se, portanto, a aplicação piloto do modelo em diferentes classes de cartas náuticas, seguida de calibração contínua dos parâmetros, de modo a aperfeiçoar progressivamente sua precisão e aplicabilidade.

Em síntese, este trabalho representa um passo significativo rumo à modernização e padronização dos processos de atualização cartográfica no CHM, reforçando o compromisso institucional com a segurança da navegação e a confiabilidade das informações náuticas disponibilizadas aos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). *Normas da Autoridade Marítima para Cartografia Náutica Brasileira* (NORMAM-25/DHN), Marinha do Brasil, 2023;
- Organização Hidrográfica Internacional (OHI). *Normas para Cartografia Náutica – S-4, M-4*, 2020; *Especificações para Cartas Náuticas Electrônicas – S-57 e S-101*, Mônaco, 2021;
- IHO & IMO. *Manual on Hydrography*, 2nd ed., 2020;
- LOPES, M. A. S.; SANTOS, F. R. R. *A cartografia náutica e os desafios da atualização cartográfica na costa brasileira*. Revista Brasileira de Geomática, v. 10, n. 2, 2022;
- SILVA, J. B.; COSTA, R. M. *Erros em cartas náuticas e suas implicações para a segurança da navegação*. Anais do Congresso Brasileiro de Hidrografia, 2021;
- IMO – International Maritime Organization. *SOLAS Convention – Chapter V, Safety of Navigation*, 2020;
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10520: Apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, 2002;
- INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION (IHO). S-4: *Regulations for International Charts*. 4.^a ed. Mônaco: IHO, 2018. Disponível em: https://ihonet.ihonet/standard/S-4/S-4_V4-8-0_Oct_2018_EN.pdf. Acesso em: 2 out. 2025; S-44: *Standards for Hydrographic Surveys*. 6.^a ed. Mônaco: IHO, 2024. Disponível em: <https://ihonet.ihonet/en/s-44>. Acesso em: 2 out. 2025; S-57: *Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*. Mônaco: IHO, 2000. Disponível em: <https://ihonet.ihonet/en/s-57>. Acesso em: 2 out. 2025; S-100: *Universal Hydrographic Data Model*. Mônaco: IHO, 2025. Disponível em: <https://ihonet.ihonet/en/s-100>. Acesso em: 2 out. 2025;
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. 6.^a ed. Newtown Square, PA: PMI, 2017;
- CHM-32.5 – Seção de Atualização de produtos cartográficos;
- S-4 – *Regulations for international (INT) Charts and Chart specifications of the IHO*;

- S-57 – IHO Transfert Standart for Digital Hidrografic Data;
- S-57 – Appendix B.1 Annex A – Use for the Object Catalogue for ENC;
- S58 – ENC Validation Checks;
- IT-CH-32-01 – Criação de projetos no Project Editor;
- IT-CH-32-02 – Preenchimento de atributos textuais no HPD;
- IT-CH-32-08 – Validação Caris e DkartInspector;
- IT-CH-32-14 – Geração de arquivo PDF a partir do HPD Paper Chart Editor;
- IT-CH-32-20 – Envio de ENC ao IC-ENC;
- IT-CH-32-25 – Criação do arquivo KAP, BSB e GEOTIFF no HPD;
- IT-CH-32-28 – Atualização dos produtos no HPD;
- IT-CH-32-29 – Boas Praticas HPD; e
- IT-CH-32-31 – Criação de Bacalhau no HPD;