



Projecto de uma Unidade de Transformação de Pescado num Navio Congelador

FRANCISCO MANUEL RODRIGUES CRAVEIRO
Licenciado em Engenharia Mecânica

Projecto para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Eng. Francisco Manuel Gonçalves dos Santos

Co-Orientador: Prof. Eng. António Manuel Matos Guerra

Júri:

Prof. Eng. Francisco Manuel Fernandes Severo (Presidente)
Eng. José Manuel Pimenta de Almeida Borges (Arguente Principal)
Prof. Eng. Manuel Duarte Dias Nogueira (Vogal)
Prof. Eng. António Manuel Matos Guerra (Vogal)
Prof. Eng. Francisco Manuel Gonçalves dos Santos (Vogal)

Julho de 2009

Palavras-chave: Transformação de pescado; Arrastão frigorífico; Congelamento de Crustáceos; Processos de congelamento; Dimensionamento frigorífico; Isolamento frigorífico; Exigências higio-sanitárias; Balanço térmico; Cadeia de pescado; Equipamento de congelamento; Circuito frigorífico.

Keywords: Fish Transformation, Freezer Trawler; Frost Crustaceans; Freezing Processes, Sizing Refrigerators, Refrigerator Insulation, Hygienic and Sanitary Requirements; Thermal Balance: Fish Chain, Freezing Equipment, Refrigerating Circuit.

Introdução

O presente trabalho de projecto visa abordar as temáticas de concepção de projecto de uma unidade de transformação de pescado, num navio congelador vocacionado para captura de crustáceos (camarões, gambas e lagostins).

Numa embarcação de 55 metros de arrasto pela popa, efectua-se a captura em mar alto de crustáceos, procede-se à sua lavagem, congelação, vidragem, calibragem e embalagem, de forma que o produto esteja pronto a entrar no circuito comercial, quando a embarcação atracar no porto mar, respeitando o princípio do “Tripé Frigorífico” e seus pontos chave: Produto São – Arrefecimento Imediato – Cadeia de Frio Contínuo.

Com base neste princípio todo o projecto é desenvolvido, apresentando a matéria de fundamento e respectivos cálculos matemáticos de um trabalho desta natureza, conciliando-os com a explicação científica e suporte de engenharia que os sustentam, pretendendo-se que esta seja simples e clara, de fácil leitura não só para quem esteja familiarizado com o tema, mas também para os leigos na matéria.

Introduction

The present work aims at drawing a project of a fish transformation unit shipboard a freezer vessel designed to capture crustaceans (shrimps, prawns and lobsters).

It is a fifty-five meter long stern trawl vessel where shrimps and prawns are captured in deep sea. The crustaceans are then weighted, washed and frozen, glazed, graded and afterwards packed into boxes, so that the fish shipment is ready to enter the commercial circuit as soon as it arrives at the seaport, always having in mind the principle of "Refrigeration Tripod" and its key points: Safe Goods - Instant Cooling - Continuous Cold Chain.

The entire project is developed following this principle, presenting a point of law and its mathematical work, combining it with the engineering support to sustain them, so that this is so straightforward and easy to read not only for those who are familiar with the subject, but also to those who aren't.

Índice

1

Enquadramento geral (7)

- 1.1 Sector das pescas em Portugal (1)
- 1.2 Navio Congelador (3)
- 1.3 Principais técnicas de captura na pesca industrial (4)
 - 1.3.1 Palangreiros (5)
 - 1.3.2 Cercadores (6)
 - 1.3.3 Redes de emalhar (7)
 - 1.3.4 Arrastões (9)
 - 1.3.4.1 Tipo de arrastões (11)
 - 1.3.4.1.1 Arrastões de popa (11)
 - 1.3.4.1.2 Arrastões laterais (11)
 - 1.3.4.1.3 Arrastão de plumas (12)
 - 1.3.4.1.4 Arrastões de parelha (12)

2

Espécie alvo - Crustáceos (13)

3

Unidade de transformação de pescado (15)

- 3.1 Planta do arrastão congelador (Planta da instalação) (15)
 - 3.1.1 Vista longitudinal (16)
 - 3.1.2 Castelo e ponte (18)
 - 3.1.3 Convés (19)
 - 3.1.4 Corte para flutuação (20)

4

Caracterização da fileira do pescado (21)

- 4.1 Fluxograma (21)
- 4.2 Recepção do pescado (21)
- 4.3 Lavagem (21)

- 4.4 Escorrimento (22)
- 4.5. Calibrar, Enformar e Pesar (22)
- 4.6 Ultracongelação (22)
- 4.7 Vidragem (23)
- 4.8 Desenformar e Embalar (23)
- 4.9 Rotulagem (24)
- 4.10 Codificação (24)
- 4.11 Armazenagem no porão (24)

5

Aplicação das exigências técnico-funcionais e higio-sanitárias (25)

- 5.1 Área de recepção do pescado (25)
- 5.2 Transporte do pescado (26)
- 5.3 Preparação do pescado (26)
- 5.4 Armazenamento de embalagens (27)
- 5.5 Equipamento de congelação (27)
- 5.6 Equipamento de lavagem das mãos (28)
- 5.7 Porões refrigerados (28)
- 5.8 Requisitos gerais (28)
- 5.9 Formulário de auditoria (29)

6

Tecnologia do frio aplicada ao pescado (33)

- 6.1 Transmissão de calor (33)
 - 6.1.1 Condução (33)
 - 6.1.2 Convecção (35)
 - 6.1.3 Radiação (35)
- 6.2 Métodos de congelação (35)
 - 6.2.1 Exposição a uma atmosfera fria (36)
 - 6.2.2 Exposição a uma corrente de ar frio forçado (36)
 - 6.2.3 Contacto directo (37)

- 6.2.4 Imersão em líquidos (39)
- 6.2.5 Congelação criogénica (40)
- 6.3 Rapidez da congelação (40)
 - 6.3.1 Curvas de congelação (41)
 - 6.3.2 Congelação lenta (43)
 - 6.3.3 Congelação rápida (44)

7 **Porão frigorífico** (45)

- 7.1 Acondicionamento do produto (45)
 - 7.1.1 Embalagem (45)
 - 7.1.2 Paloxes (46)
 - 7.1.3 Sistema de estiva de paloxes (47)
- 7.2 Dimensionamento do porão (48)
 - 7.2.1 Opções de projecto (49)
 - 7.2.2 Área do porão $[A_2]$ (51)
 - 7.2.3 Volume bruto do porão $[V_{BP}]$ (51)
 - 7.2.4 Plano de estiva (51)
 - 7.2.5 Volume útil do porão $[V_{UP}]$ (53)
 - 7.2.6 Cálculo da carga máxima do porão (54)
 - 7.2.7 Cálculo da densidade útil de armazenagem (54)
 - 7.2.8 Tabela geral de dados do porão (54)
- 7.3 Temperaturas exteriores de projecto (55)
- 7.4 Balanço térmico do porão frigorífico (57)
 - 7.4.1 $[Q_1]$ Transferência de energia pela envolvente (57)
 - 7.4.1.1 Área total exterior do porão $[A_T]$ (58)
 - 7.4.1.2 Fluxo térmico unitário de projecto $[q]$ (58)
 - 7.4.1.3 Cálculo das perdas pela fronteira do porão $[Q_1]$ (59)
 - 7.4.2 $[Q_2]$ Energia térmica transportada pelo caudal de ar exterior (59)
 - 7.4.3 $[Q_3]$ Energia térmica armazenada na massa do produto e embalagens (60)
 - 7.4.4 $[Q_4]$ Energia térmica proveniente de fontes de calor diversas (62)
 - 7.4.4.1 $[Q_{4a}]$ Energia térmica proveniente dos seres humanos (62)
 - 7.4.4.2 $[Q_{4b}]$ Energia térmica proveniente da iluminação (63)
 - 7.4.4.3 $[Q_{4T}]$ Energia térmica total das fontes diversas (63)
 - 7.4.5 $[Q_T]$ Carga total diária (63)

- 7.4.6 [Q] Carga térmica total horária (64)
- 7.5 Seleção do evaporador (64)
- 7.6 Balanço térmico corrigido (65)
 - 7.6.1[Q_{4c}] Energia térmica proveniente do motoventilador (66)
 - 7.6.2 Q_{4d} Energia térmica proveniente das resistências (66)
 - 7.6.3 [Q_5] Energia proveniente do funcionamento do evaporador (66)
 - 7.6.4 [Q^*_T] Carga total diária corrigida (67)
 - 7.6.5 [Q^*] Carga térmica horária total corrigida (67)
- 7.7 Isolamento do porão frigorífico (67)
 - 7.7.1 [K] Coefficiente de transmissão de energia térmica da envolvente do porão (67)
 - 7.7.2 [λ] Condutividade térmica (68)
 - 7.7.3 Escolha do material isolante (69)
 - 7.7.4 Propriedades do material isolante (71)
 - 7.7.5 Cálculo das espessuras do material isolante (76)
- 7.8. Barreira ao vapor (77)

8

Escolha do equipamento de congelção (79)

- 8.1 Processo de congelção adoptado (79)
- 8.2 Capacidade do congelador de placas (80)
- 8.3 Capacidade de frigorífica (80)
 - 8.3.1 Propriedades do produto a congelar (80)
 - 8.3.2 Congelção do produto (81)
 - 8.3.2.1 [Q_{S1}] Calor sensível de arrefecimento diário (81)
 - 8.3.2.2 [Q_L] Calor latente de congelção diário (82)
 - 8.3.2.3 [Q_{S2}] Calor sensível de congelção diário (82)
 - 8.3.2.4 [Q_T] Energia total diária do congelador (83)
 - 8.3.2.5 [Q] Carga térmica total horária do congelador (84)
- 8.4 Seleção do congelador horizontal de placas (84)
 - 8.4.1 Vantagens do modelo 60725 “Freze-Cel” (85)
 - 8.4.2 Características Técnicas (86)
 - 8.4.2.1 Cabine (86)
 - 8.4.2.2 O sistema de congelção (87)
 - 8.4.2.2.1 Placas (88)
 - 8.4.2.2.2 Armação de suporte (88)

8.4.2.2.3 Sistema Hidráulico (88)

8.4.2.2.4 Distribuidores (89)

8.5 Carga e descarga do produto (90)

8.6 Capacidade de congelação (90)

8.6.1 Número de estações (90)

8.6.2 Características técnicas do modelo 60725-24 (92)

8.6.3 Massa de produto congelado por estação (92)

8.6.4 Massa do produto congelado por armário (93)

8.6.5 Massa do produto congelado diariamente (93)

8.6.6 Número de armários necessários (94)

9

Circuito frigorífico (95)

9.1 Fundamentos teóricos (95)

9.1.1 Ciclo frigorífico teórico (95)

9.1.2 Ciclo frigorífico prático (96)

9.2 Fluido frigorigéneo ou refrigerante (97)

9.2.1 Fluido frigorigéneo adoptado (R404A) (98)

9.2.1.1 Congelador de placas (98)

9.2.1.2 Porão frigorífico (99)

9.2.2 Propriedades do frigorigéneo ideal (99)

9.2.2.1 Critérios termodinâmicos (100)

9.2.2.2 Critérios técnicos (100)

9.2.2.3 Critérios económicos (100)

9.2.2.4 Critérios segurança (101)

9.2.2.5 Critérios ecológicos (101)

9.2.3 Aplicação do diagrama de Mollier ao ciclo frigorífico (102)

9.3 Evaporador (102)

9.4 Compressor (105)

9.5 Condensador (106)

9.6 Válvula de laminagem ou de expansão (107)

9.7 Equipamento secundário (107)

9.8 Esquema da instalação (109)

10

Conclusões (110)

1

Enquadramento geral

1.1 Sector das pescas em Portugal

O sector das pescas está ligado aos primórdios da evolução de Portugal como nação, com uma influência fulcral na fixação das populações ao longo da sua vasta faixa costeira, no crescimento dos agregados populacionais (aldeias, vilas e cidades) e do seu intrínseco enriquecimento económico, social e cultural.

A partir do século XII, a pesca passou a ser uma das actividades económicas mais prósperas de Portugal, em paralelo com o comércio, ao qual está estritamente ligada no conhecimento do mar, das suas rotas e ventos favoráveis. Este foi um dos contributos mais importantes, que o sector das pescas adquiriu para o país.

No século XV iniciou-se a pesca longínqua nos mares do Norte (Flandres e Inglaterra) e no Norte de África (Marrocos).

No século XIX, é introduzida a técnica do arrasto, as embarcações recorrem à locomoção através das máquinas de vapor e ao uso de gelo picado para a refrigeração do pescado, já numa óptica de exploração industrial.

No século XX, o sector de pescas é um dos sectores vitais da economia nacional, atingindo a frota portuguesa (Continente, Açores, Madeira, Guiné, Cabo Verde, Timor, Macau, Angola e Moçambique) o seu apogeu nos anos 60 e 70, com uma importância social crucial para as populações locais. A frota não se limitava a explorar os recursos pesqueiros locais, mas abrangia os recursos dos mares do Atlântico Norte (Gronelândia, Terra Nova) e no Atlântico Sul (Mauritânia, Cabo Branco).

Actualmente Portugal inserido no contexto da União Europeia, atravessa no sector de pescas uma fase desfavorável, que pode ter a sua explicação em vários factores, como sejam:

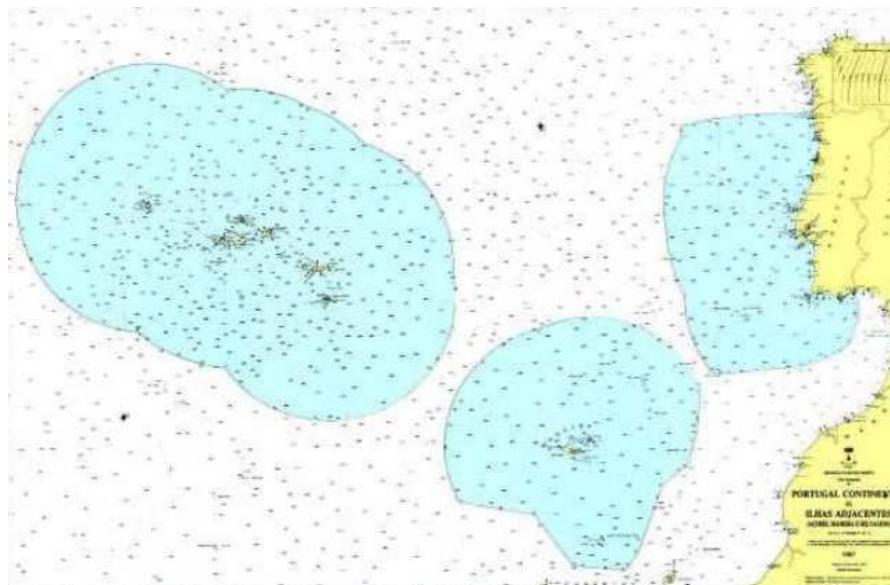
- ❑ A perda de grande parte da sua zona económica exclusiva através das descolonizações;
- ❑ A agitação que o país viveu após sofrer um processo revolucionário e a natural influência que tal acarreta na economia de um país;
- ❑ A diminuição dos bancos de pesca devido à sua sobreexploração;
- ❑ Um envelhecimento da frota de pesca e a sua não modernização;
- ❑ Um envelhecimento da população que se dedica ao sector, por este ter deixado de ser atractivo para a população mais jovem;
- ❑ As cotas e regras impostas pela União Europeia no domínio das pescas;
- ❑ A concorrência com outros parceiros económicos, nomeadamente a nossa vizinha Espanha, com uma frota maior, recente e modernizada; etc.

No entanto, Portugal continua no panorama europeu a possuir uma das maiores zonas económicas exclusivas, com cerca de 1 700 000 Km² e uma linha de costa com 942 km, formada pelo continente e os arquipélagos dos Açores e da Madeira.



(Figura 1 – Território Nacional)

Em azul é apresentada a zona económica exclusiva de Portugal:



(Figura 2 – Zona Económica)

Não poderemos, nem devemos baixar os braços e deixar de inverter a balança comercial a nosso favor, já que Portugal e o mar estão condenados a viverem lado a lado. A situação do sector pesqueiro não é famosa, no entanto temos muitos factores que jogam a nosso favor:

- ❑ A vasta costa e posicionamento de Portugal;
- ❑ A nossa história como povo ligado ao mar;

- ❑ O mercado interno de consumo “per capita” de pescado, que atinge o valor 56 kg/ano, o que faz dos Portugueses os maiores consumidores de pescado da União europeia e um dos maiores consumidores mundiais, apenas com o Japão e a Islândia com consumos superiores;
- ❑ A produção nacional que só satisfaz um nível de consumo “per capita” de 23kg/ano (consumo médio dos países da União Europeia). Possuímos mercado interno e ao contrário de outros sectores da indústria, não necessitando de ir em busca de mercados externos, apenas temos que agarrar a oportunidade que está dentro de portas.

A nossa aposta no sector de pescas, deverá ser:

- ❑ Numa frota moderna e tecnologicamente avançada;
- ❑ Artes de pesca apropriadas e adequadas às nossas necessidades;
- ❑ Exploração dos recursos naturais sustentável e de acordo com a politica comum de pescas;
- ❑ Apoiar o circuito comercial;
- ❑ Desenvolver a aquicultura;
- ❑ Tornar este sector de pescas aliciente para a juventude;
- ❑ Aproveitar os acordos de parceria da União Europeia com países terceiros, nomeadamente Guiné-Bissau, Senegal, Mauritânia e Guiné Conacri, onde as embarcações de arrasto de crustáceos possuem bancos de pesca ao seu dispor.
- ❑ Potencializar a nossa relação privilegiada com os países de expressão portuguesa. Em parceria com empresas de capital misto, temos uma janela de oportunidade para fornecimento de pescado, para o mercado interno desses países, de Portugal e União Europeia. Moçambique em relação à captura de crustáceos, é um país onde esta vertente deverá ser explorada.

1.2 Navio Congelador

Designa-se por navio congelador um navio cuja principal função será congelar o pescado, podendo no entanto, ocorrer a bordo as operações que possibilitam a congelação do produto nas suas melhores condições nutritivas, tais como: a sangria, o descabeçamento, a evisceração e a remoção das barbatanas, podendo ser estas operações seguidas de acondicionamento ou de embalagem.

Confunde-se muitas vezes este tipo de embarcação com os navios-fábrica ou barcos-fábrica. São embarcações de pesca industrial, com capacidade de transformar (cozedura, tratamentos químicos, etc); processar (filetagem, corte, esfola, picagem, calibragem, etc.); conservar; congelar; embalar e etiquetar o pescado a bordo, de forma a que este esteja pronto a entrar no circuito

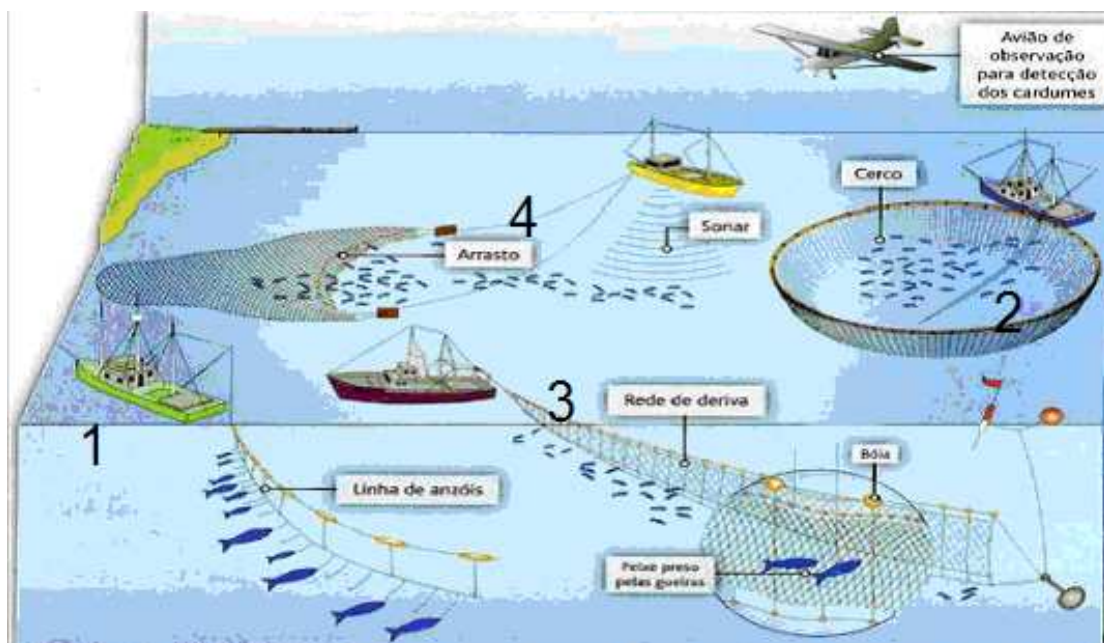
comercial à chegada do navio ao porto-mar. Nestes navios aproveita-se por vezes os desperdícios do produto principal para rações de consumo animal (comida para gatos) e existem navios-fábrica que possuem linhas de conserva de peixe (sardinha, atum, cavala, etc.). Estas embarcações diferem dos navios congeladores porque a sua principal função não será congelar mas transformar o produto de pesca.



1.3 Principais técnicas de captura na pesca industrial

Os barcos-fábrica e os barcos congeladores estão especializados para utilizar um dos seguintes métodos de pesca:

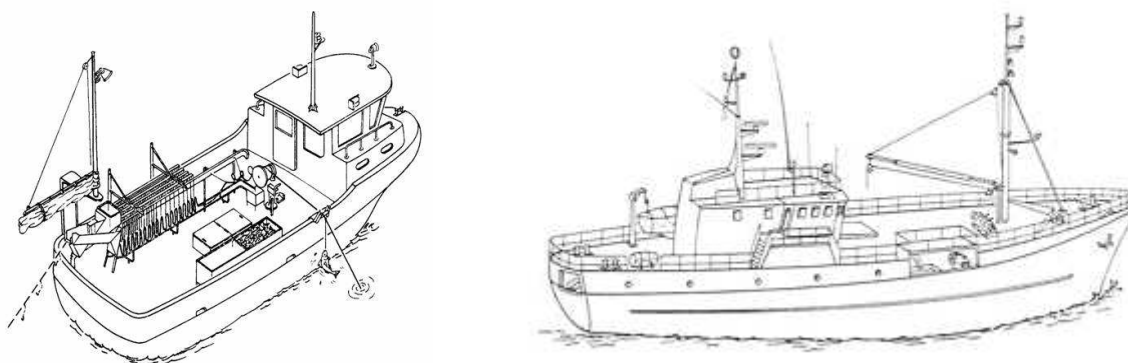
- ✓ Palangreiros (1)
- ✓ Cercadores (2)
- ✓ Redes de emalhar (3)
- ✓ Arrastões (4)



(Figura 4 – Artes de pesca)

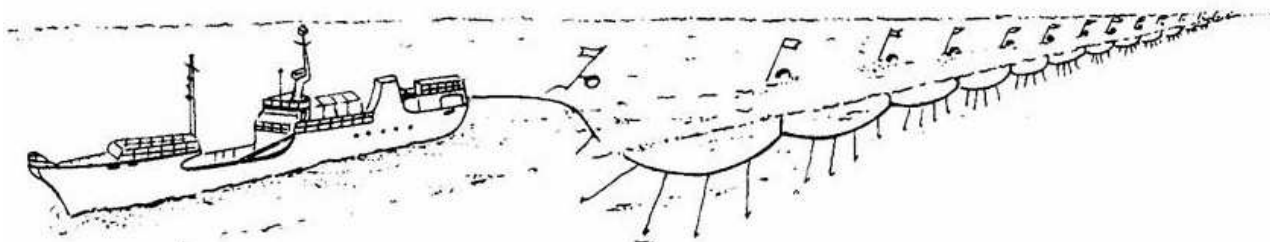
1.3.1 Palangreiros

Os palangreiros são navios que recorrem ao uso de aparelhos de anzol, utilizando isco ou engodos naturais (normalmente peixe e cefalópodes de que as espécies a capturar se alimentam) ou artificiais (imitação do alimento das espécies que se pretende capturar).

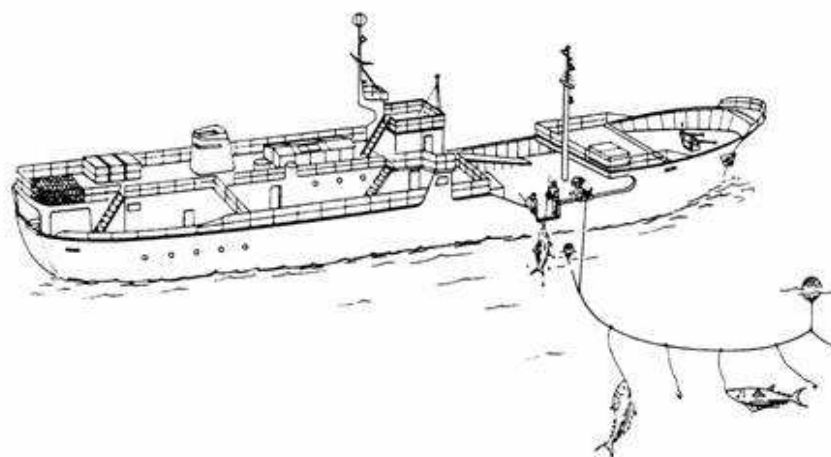


(Figura 5 – Palangreiros)

São navios que possuem uma área de preparação das linhas e anzóis para a calagem (lançamento ao mar da linha com anzol ou palangre, onde é preso o isco que irá atrair o espécime a capturar) e alagem (recolha da linha ou palangre com o proveito da faina). Estas áreas possuem contentores ou tanques para armazenamento do isco que poderão ser refrigerados e tanques de refrigerados ou de congelação do pescado e de salmoura.



(Figura 6 – Calagem e captura de atum)



(Figura 7 – Alagem de atum)

Este tipo de arte de pesca, pode ser utilizada em navios de qualquer porte, estando a sua dimensão relacionada com o local, espécie a capturar e comprimento do palangre a ser calado.

Os palangres podem ser de fundo ou derivantes. Os de fundo, terão que possuir peso suficiente que o empurre para o fundo do oceano ou muito perto deste.

Os derivantes possuem flutuadores (bóias), que os mantêm à tona de água ou a uma profundidade muito perto da superfície do oceano.

A ponte deste tipo de navios, pode estar situada na ré ou para vante da embarcação. A sua localização está relacionada com o porte da embarcação. Nas embarcações de maior porte está normalmente na ré do navio.

Em alguns navios, normalmente de médio e grande porte, são usados mecanismos semi-automáticos ou mesmo automáticos de iscar os anzóis (colocação do isco no anzol) e de calagem e alagem das linhas.

Num arranjo típico a arte de pesca é calada pela popa da embarcação e depois alada pelos bordos ou pela proa, com recurso a aladores de linhas mecânico ou hidráulico. Os atuneiros (barcos especializados na pesca ao atum) são um dos navios que recorrem a este tipo de método de pesca, equipados com tanques para a congelação por salmoura.



(Figura 8 – Atuneiro palangreiro)

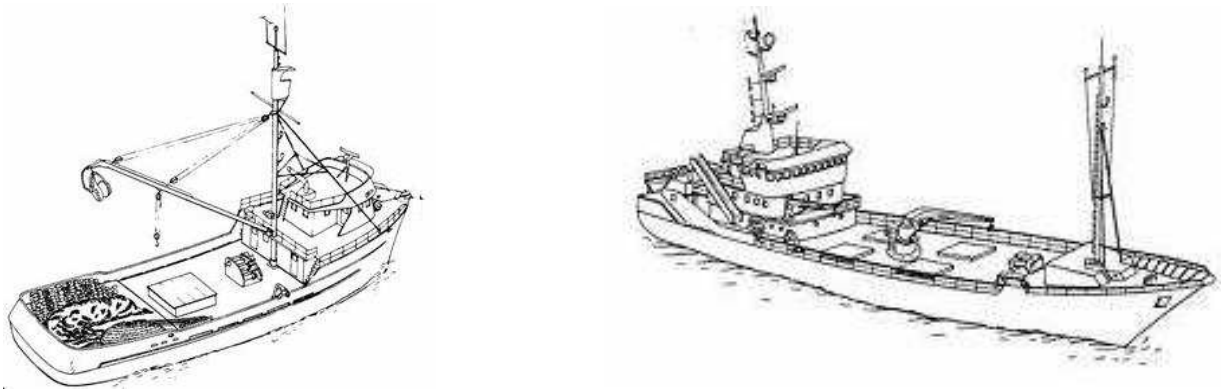
A vantagem dos palangres na captura do atum é que, contrariamente aos navios que usam a arte de pesca por redes de deriva, não induzem um grande número de capturas acessórias. São portanto menos destrutivos da fauna marinha; o pescado é de melhor qualidade; obtêm-se preços mais elevados no mercado. Todavia, esta técnica requer mais mão-de-obra, o que aumenta os custos de produção.

1.3.2 Cercadores

Os cercadores são navios de pesca que procuram cercar as presas a capturar, com redes de cerco ou redes envolventes-arrastantes, de forma confiná-las numa zona de aglomeração (copejada), para que depois seja possível capturá-las para bordo.

Este cerco é normalmente feito por mais que um navio e poderá ter o auxílio de embarcações mais pequenas e de outros meios, como o helicóptero, para observação aérea e

localização dos cardumes. Com o objectivo de detecção e observação do comportamento dos cardumes, para além do helicóptero, recorre-se ao auxílio do sonar e usam-se cestos de gávea nos mastros, onde é possível ter um ponto de observação privilegiado.



(Figura 9 – Cercadores)

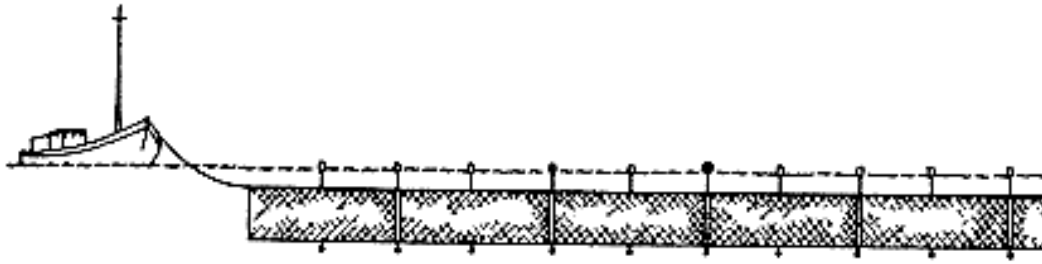
Necessitam ser embarcações com grande mobilidade e de manobra fácil, para manobrar as redes de cerco com retenida (cabo de aparelho de pesca que franze a rede) e as redes envolventes-arrastantes, num curto espaço de tempo e impedir a dispersão das presas. Por esta razão é comum estarem equipados com sistemas de hélices laterais, especialmente se forem de grande porte, para facilitar as manobras.

Os cercadores são normalmente equipados com um alador mecânico, um tambor para alar e estivar a rede a bordo e guinchos para as operações de calagem e alagem das redes. As presas são capturadas para bordo através do recurso ao chalavar, manobrado por um pau de carga. Pode-se recorrer também ao uso de uma bomba sugadora, se as espécies a capturar forem de pequena dimensão (ex. sardinha). Introduzindo a bomba sugadora com o auxílio de um pau de carga na copejada, suga-se os peixes para um separador de água instalado no convés, onde se separa a massa do peixe da água do mar, que é devolvida ao oceano, e se canaliza o pescado para tanques ou porões, que poderão ser refrigerados ou de congelação.

1.3.3 Redes de emalhar

Estes tipos de navio utilizam redes de emalhar ou de espera, incluídas no grupo de artes de pesca passiva, que consistem numa estrutura de redes em forma rectangular, que são mantidas na posição vertical através da acção dos cabos de flutuação (cabos aos quais são fixadas bóias) e dos cabos de lastro (cabos onde se fixam pesos).

A tensão criada entre as bóias e os lastros mantém a rede vertical no mar, interceptando peixes e crustáceos que ficam "emalhados" nas redes (presos nas malhas), quando chocam contra esta. São utilizadas especialmente na captura das espécies pelágicas (que evoluem perto da superfície da água).

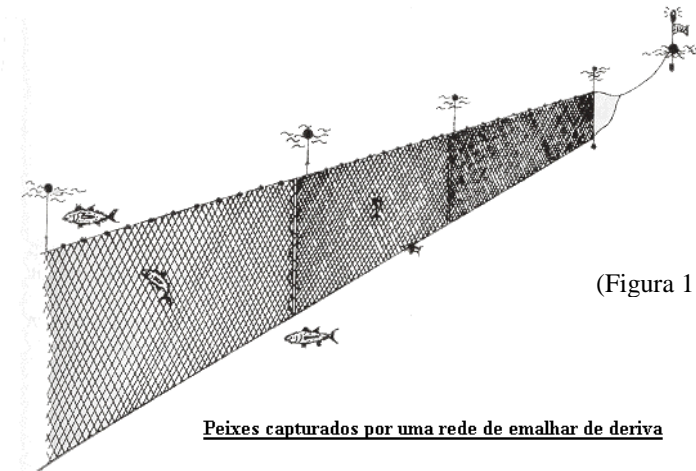


Rede de emalhar de deriva amarrada a um navio de pesca à deriva

(Figura 10 – Embarcação com Rede de deriva)

De acordo com a dimensão da embarcação e do espécime a capturar (atum, salmão, espadarte, sardinha, arenque, etc.) as redes possuem diferentes malhagens; poderão possuir um, dois ou três panos de diferente malhagem; diferentes comprimentos (máximo de 2,5 km de acordo com a moratória das Nações Unidas) e alturas (nas grandes redes entre 20 a 30 metros).

Existem dois tipos básicos de rede de emalhar: de fundo e de superfície. Nas redes de emalhar de fundo, estas permanecem no fundo do oceano por acção dos lastros durante toda a operação de pesca. Nas redes de superfície, as bóias mantêm-na à superfície ou muito perto desta, acompanhando a deriva da embarcação, por esse motivo, também se designam por rede-derivante.



(Figura 11 – Rede de deriva)

Peixes capturados por uma rede de emalhar de deriva

Este tipo de embarcação possui normalmente um alador mecânico, um tambor para calar, alar e estivar a rede a bordo e guinchos de auxílio às operações de calagem e alagem das redes. Poderão possuir tanques de refrigeração, congelação e de congelação por salmoura.

Sendo embarcações muito eficientes na captura de peixe em grandes quantidades, está todavia a ser abandonada ou banida pela maior parte dos países, devido à grande pressão que exerce nos bancos de pesca, na fauna marinha e dos danos colaterais que provoca.

A União Europeia proibiu desde 1 de Janeiro de 2002, a utilização das redes de emalhar de deriva para a captura de atum no Atlântico e no Mediterrâneo, respondendo desta forma às pressões

crecentes dos ambientalistas e cientistas que vinham a alertar para a pressão que estava a ser feita sobre os bancos de pesca, que estava a colocar em risco a sobrevivência das espécies e daquelas que delas se alimentavam.

Estas redes não são selectivas e para além de capturar as espécies para as quais estavam destinadas (espécies alvo), capturam um número inaceitável de mamíferos marinhos (ex: focas), cetáceos (ex: golfinhos), répteis (ex: tartarugas), aves (ex: mergulhões) e peixes de espécies não-alvo, que depois não são aproveitados, com a gravidade de algumas delas serem espécies protegidas.

A fiscalização em mar aberto tornava-se difícil e muitos não obedeciam ao comprimento 2,5 Km das redes, imposto pela União Europeia e quando se sentiam alvo da fiscalização cortavam as redes. A irresponsabilidade de tal atitude, provocava um dano ainda maior, pois as redes ficam à deriva, percorrendo centenas de milhas invisíveis na água do oceano, matando um número crescente de espécies até serem localizadas ou enrolarem-se nas hélices dos navios mercantes, causando danos e colocando em perigo vidas humanas.

1.3.4 Arrastões

Um arrastão é um barco de pesca que opera com redes de arrasto como artes de pesca. O navio terá que ter uma potência ajustada não só para a locomoção da embarcação, mas também para imprimir uma velocidade apropriada à rede de arrasto em forma de saco, que ao ser rebocada pela embarcação irá aprisionar dentro dela peixes e crustáceos à sua passagem.

As redes de arrasto deverão ter uma malhagem adequada de forma a capturarem apenas espécimes adultos e permitirem a fuga dos peixes juvenis da espécie-alvo para que estão destinadas. A maioria dos países possui legislação rígida para evitar o uso desregrado deste tipo de artes e originar um perigoso decréscimo nas populações das espécies piscícolas, que possam levar à extinção de várias espécies de peixes e crustáceos.

A rede de arrasto é constituída por três partes distintas:

- ❑ O **Saco**, formado pelo fundo da rede normalmente de uma malha mais apertada do que as restantes zonas.
- ❑ A **barriga**, de malha mais larga por onde se escapam os espécimes mais pequenos.
- ❑ As **asas**, que sustentam o conjunto anterior (saco e barriga), que são duas peças alongadas da rede que se unem às portas ou aos cabos por onde o aparelho é arrastado.

Nos bordos superiores das asas e da barriga da rede de arrasto é entalhado (cosido), um cabo com flutuadores denominado por cabo arraçal ou real, que impulsiona a rede para a tona da água.

Na zona inferior da barriga da rede de arrasto, é entalhado num cabo com lastros, que empurra a rede para o fundo do oceano.

O balanço de forças, entre as bóias ou flutuadores e os pesos ou lastros, mantém a rede em tensão (esticada) e determinam se as redes são de arrasto de fundo (capturam junto do fundo do mar) ou de arrasto pelágico (capturam à superfície), também conhecido por arrasto de meia-água.

Podemos transformar uma rede de arrasto para operar numa ou noutra vertente, com um mínimo de modificações no equipamento de pesca, bastando regular a quantidade de pesos e flutuadores, para se ter a rede à profundidade pretendida. Assim na captura da sardinha e do carapau usa-se o arrasto pelágico; já na captura do camarão e gambas é usado mais o arrasto de fundo.

Muitas das embarcações, em especial as de médio e grande porte, são equipadas com sonar e sondas, que permitem determinar com exactidão a localização dos cardumes do espécime a capturar e a profundidade a que as redes deverão operar, para que a captura seja mais vantajosa.

Encontram-se embarcações deste tipo de todos os tamanhos, desde embarcações de boca aberta com motor interno, até grandes arrastões congeladores e navios fábrica. O seu porte varia de acordo com a zona onde operam, a distância que terão que percorrer até aos bancos de pesca, dimensão da rede que terão que manobrar e o equipamento frigorífico com que estão equipadas



(Figura 12 – Arrastão lateral)

Os arrastões de peixe fresco (arrastões pequenos ou de médio porte), possuem tanques para gelo picado, isolados termicamente e/ou refrigerados, o qual é usado para cobrir o pescado, que é conservado nos porões termicamente isolados, em condições de peixe fresco. Este tipo de arrastões opera em águas não muito longínquas do local de descarga.

Os arrastões congeladores e fábrica (arrastões médio ou grande porte) são equipados com porões frigoríficos isolados, onde o pescado é mantido à temperatura de 0°C (refrigerados) ou abaixo dos -18 °C (congelados) ou em porões de congelação por salmoura. Este tipo de embarcação opera em águas longínquas e estão preparados para passarem vários dias, semanas e até meses em alto mar.



(Figura 13 - Arrastão fábrica pela popa)

A figura anterior apresenta um arrastão fábrica pela popa, que combina os arranjos necessários ao arrasto pela popa, a uma grande estrutura onde se processa toda a cadeia de transformação de pescado, onde está incluído o equipamento de evisceração, filetagem, refrigeração, congelação, aproveitamento do óleo de peixe, de farinha de peixe e até todo o sistema de conservas enlatadas.

1.3.4.1 Tipo de arrastões

Os arrastões classificam-se em:

- Arrastões de popa
- Arrastão lateral
- Arrastão de plumas
- Arrastões de parelha

1.3.4.1.1 Arrastões de popa

Nos arrastões de popa a rede é calada pela popa, com o auxílio de um ou dois guinchos de arrasto e a popa do navio possui normalmente uma rampa para facilitar a calagem e alagem da rede.



(Figura 14 -Arrastão navio-fabrica de popa)



(Figura 15 -Arrastão congelador de popa)

1.3.4.1.2 Arrastões laterais

Nos arrastões laterais as redes são caladas e aladas pela borda do navio. Estes estão equipados com roldanas situadas no convés, por onde passam os cabos de ligação das redes aos guinchos de arrasto.



(Figura 16 -Bacalhoeiro “Santo-André”)



(Figura 17 - Arrastão lateral congelador)

O equipamento principal é constituído por um ou dois guinchos de arrasto, equipamento para virar a rede para bordo e alar o saco para o convés. Os guinchos enrolam e desenrolam os cabos das portas. As portas são placas planas que ficam presas transversalmente ao cabo do alador e asas da rede de arrasto, mantendo a rede aberta durante o arrasto

1.3.4.1.3 Arrastão de plumas

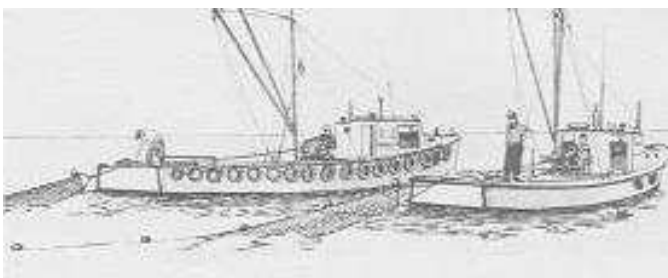
O arrastão de plumas é no fundo um arrastão lateral, que difere do anterior por possuir lateralmente longas hastes metálicas (plumas), que sustentam através de cabos e um conjunto de roldanas as redes de arrasto. Estas hastes são recolhidas longitudinalmente para bordo no fim da faina.



(Figura 18 – Arrastão plumas de camarão)

1.3.4.1.4 Arrastões de parelha

No arrasto de parelha, são usadas duas embarcações de igual ou similar potência de tracção, que navegam em paralelo e unidas entre si pelos cabos reais. A este cabo é suspensa a rede de arrasto, a qual possui uma dimensão muito superior à que seria utilizada se cada uma das embarcações operasse de forma isolada. O arranjo de um arrastão de parelha típico é muito semelhante ao de um arrastão lateral, tendo normalmente nos navios de maior dimensão um tambor de rede para manobrar a rede de parelha.



(Figura 19 – Arrastões de parelha)

2

Espécie alvo - Crustáceos

Os bancos de pesca crustáceos têm vindo a diminuir em todo o globo, devido à sobreexploração que estes espécimes têm sido sujeitos, pois são muito apreciados pela culinária de vários povos, o que leva a terem um alto valor comercial e grande procura por parte dos consumidores, tornando o seu valor comercial muito apetecível.

Os problemas de poluição a que os oceanos estão sujeitos, têm exercido os seus efeitos nefastos no plâncton e no crescimento das lavras de camarão, impedindo a recuperação desejável dos bancos de camarões, tanto mais que estes animais têm contra si o facto do seu ciclo de vida ser mais longo que a maioria dos recursos pesqueiros.

Tomando consciência de tal facto, muitos países têm tomado medidas para proteger os recursos pesqueiros e começam a dar resposta aos alertas feitos pelas Nações Unidas, ecologistas e comunidade científica. Nos últimos anos tem surgido legislação em prol de uma exploração racional e sustentável, apesar de tais medidas serem de difícil implementação, pois são muito impopulares junto à comunidade que vive da pesca, que vê a sua fonte de rendimento estrangulada, colocando-se em risco a sua sustentação.

A União Europeia implementou um plano de recuperação do lagostim (recursos demersais), que está em vigor desde 2006 e tem duração prevista até 2016, que impede a captura por arrasto em determinadas zonas e estabelece cotas de captura decrescentes, fixados pelos “Totais Admissíveis de Captura (TAC)”. A evolução dos bancos de pesca será acompanhada pela comunidade científica, com o objectivo de se estudar a evolução da recuperação do ecossistema e a necessidade de se tomar ou não outro tipo de medidas.

O estado presente dos bancos de pesca dos crustáceos, capturados pela frota portuguesa em águas comunitárias, ao largo norte de Portugal (área de distribuição FU 26), ao oeste da Galiza (área de distribuição FU 27), costa alentejana (área de distribuição FU 28) e costa algarvia (área de distribuição FU 29), são apresentados nos quadros seguintes:

Estado dos principais recursos capturados pela frota de pesca portuguesa

STOCK	Área distribuição	ESTADO DO STOCK		Considerações em relação a medidas de gestão comunitárias	Considerações em relação à máxima produção a longo prazo
LAGOSTIM	FU 26 + 27 (Oeste da Galiza e Norte de Portugal)	Sobreexplorado	Recrutamento parece ter falhado nos anos recentes e a biomassa do stock está baixa	Plano recuperação implementado em 2006	Não foram definidos
LAGOSTIM	FU 28 + 29 (Alentejo e Algarve)	Sobreexplorado	O nível de mortalidade por pesca é elevado e a produtividade pode melhorar com uma redução da mortalidade por pesca.	Plano recuperação implementado em 2006	Não foram definidos

(Tabela 1 –Área de distribuição)

Regime de Exploração Actual	Sobre-explorado	Sarda Verdinho	Areeiro- de-4-pintas	Pescada Tamboris Lagostim (Sul)	Enguia Lagostim (Norte)
	Explorado no Limite	Goraz	Carapau		
	Sustentável	Sardinha	Areeiro Espada-preto		
		Boa Capacidade Reprodutiva	Reduzida Capacidade Reprodutiva	Perigo de Colapso	
		Estado do Recurso			

(Tabela 2 – Recursos pesqueiros)

Atendendo a este condicionalismo urge:

- ❑ Possuirmos uma frota moderna e bem dimensionada;
- ❑ Tecnologicamente avançada, de forma a capturar os espécimes adultos e impedir a mortalidade dos juvenis;
- ❑ Ter meios de identificação correcta do espécime a capturar, reduzindo as capturas acidentais.
- ❑ Recorrer a outros bancos de pesca nomeadamente em países da costa africana como Moçambique e Mauritânia.
- ❑ Formar empresas de capital misto com estes países, de forma a entrar nos seus mercados e ter acesso aos seus bancos de pescas.

3

Unidade de transformação de pescado

A embarcação na qual recaiu a escolha para aplicação da unidade de transformação de pescado, foi um arrastão congelador pela popa, o qual já foi caracterizado de forma geral nas páginas anteriores, que se dedica à captura de crustáceos (camarões, gambas e lagostins), do género da embarcação que a figura apresenta.



(Figura 20 – Arrastão pela popa congelador)

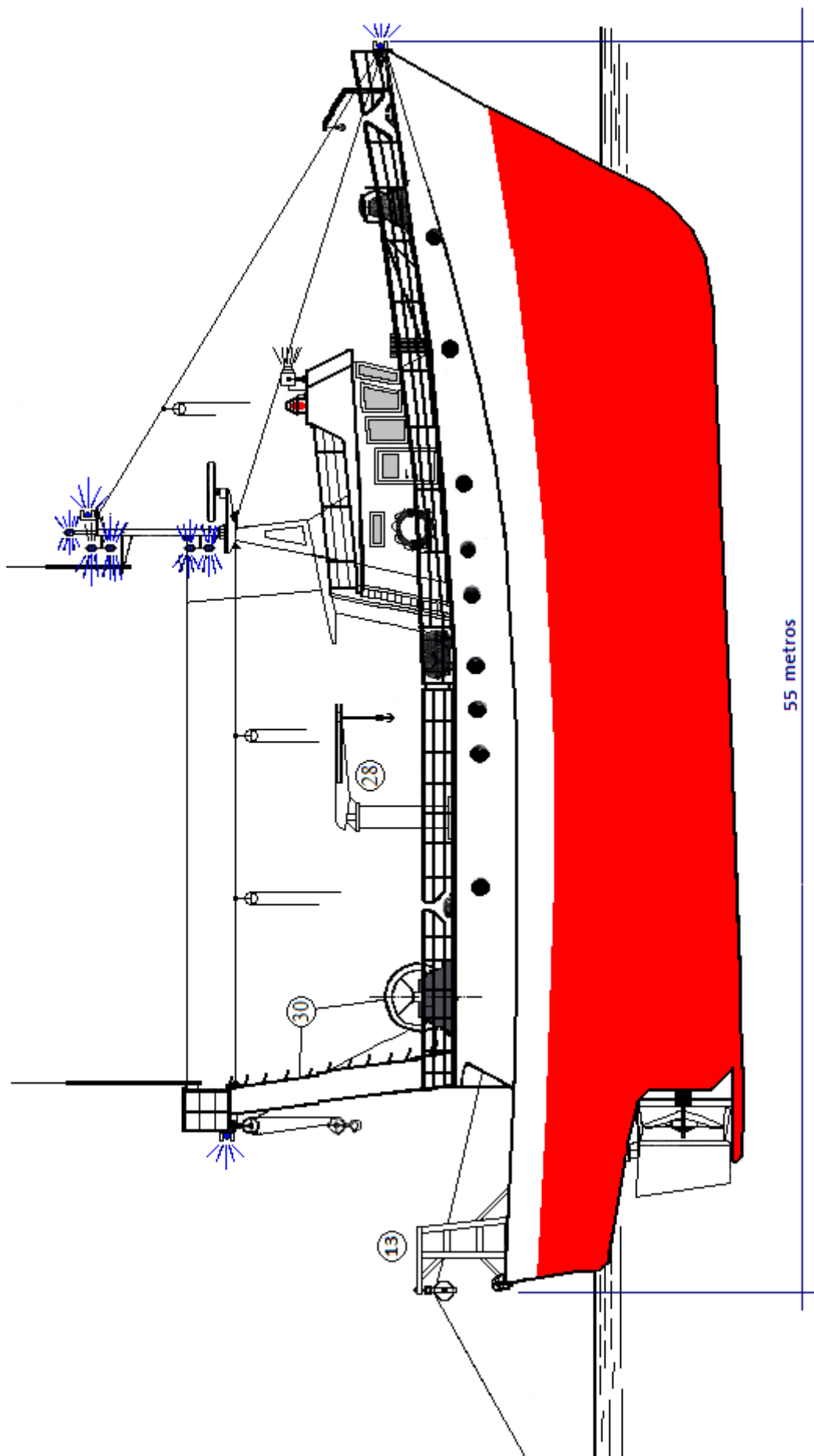
Nesta embarcação uma tripulação de 11 homens, constituída pelo mestre, um maquinista marinho e nove marinheiros pescadores, procede à captura de camarões, gambas e lagostins nas águas nacionais, podendo fazer campanhas nas águas de Moçambique. A embarcação possui autonomia para passar 6 dias em alto mar e basicamente procede à captura dos crustáceos por arrasto pela popa, a sua separação por tamanhos, congelação, embalagem e armazenamento em porão para congelados.

3.1 Planta do arrastão congelador (Planta da instalação)

A planta da instalação, onde será implantada a unidade de transformação de pescado (crustáceos) é a planta do navio ou seja do arrastão pela popa, que se apresenta de seguida representada pelas vistas:

- Vista longitudinal (Anexo 21)
- Castelo e ponte (Anexo 22)
- Convés (Anexo 23)
- Corte para flutuação (Anexo 24)

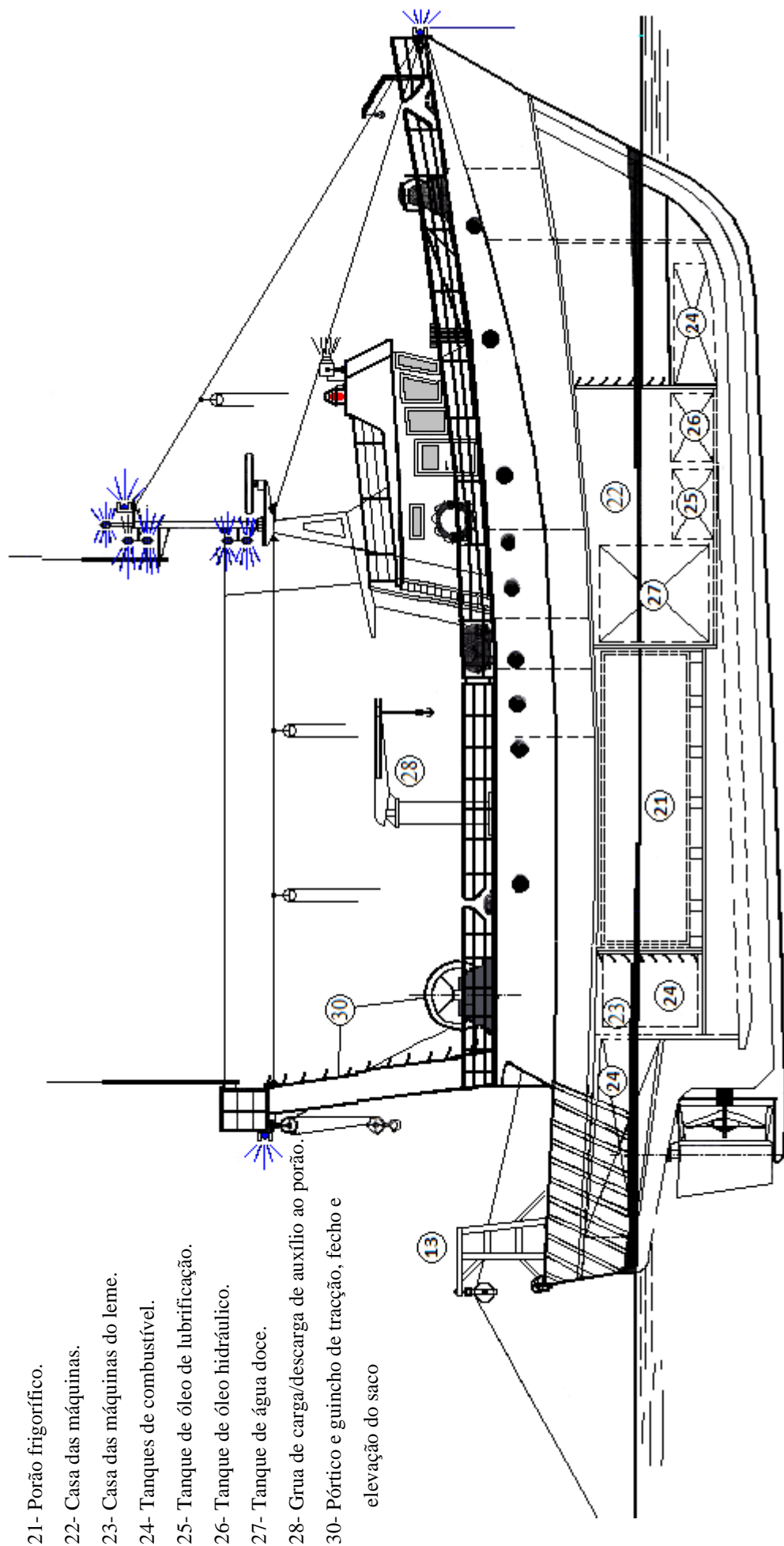
3.1.1 Vista longitudinal



(Figura 21 – Vista longitudinal)

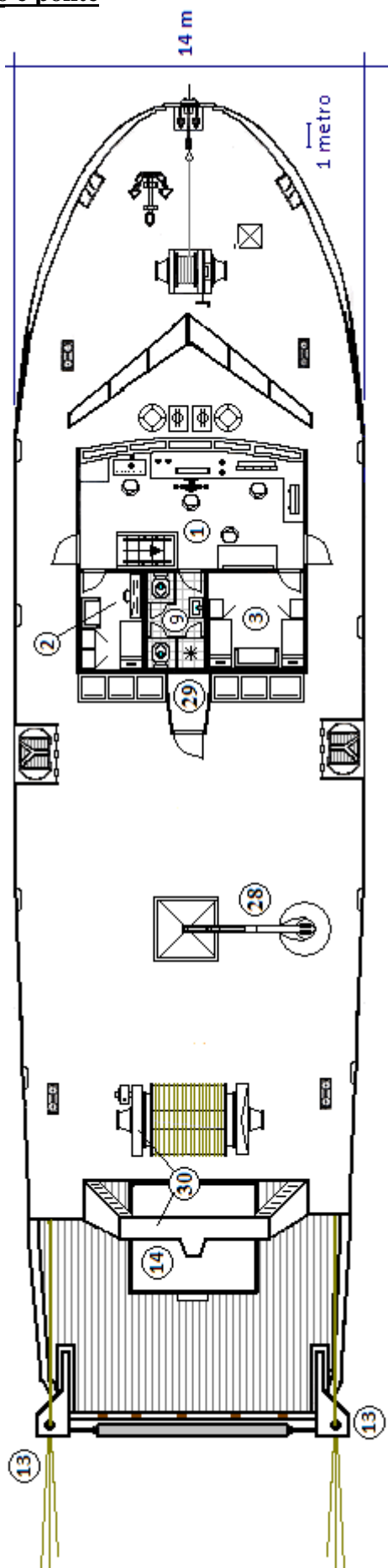
28- Grua de carga/descarga de auxílio ao porão.

30- Pórtico e guincho de tracção, fecho e elevação do saco



(Figura 22 – Vista longitudinal)

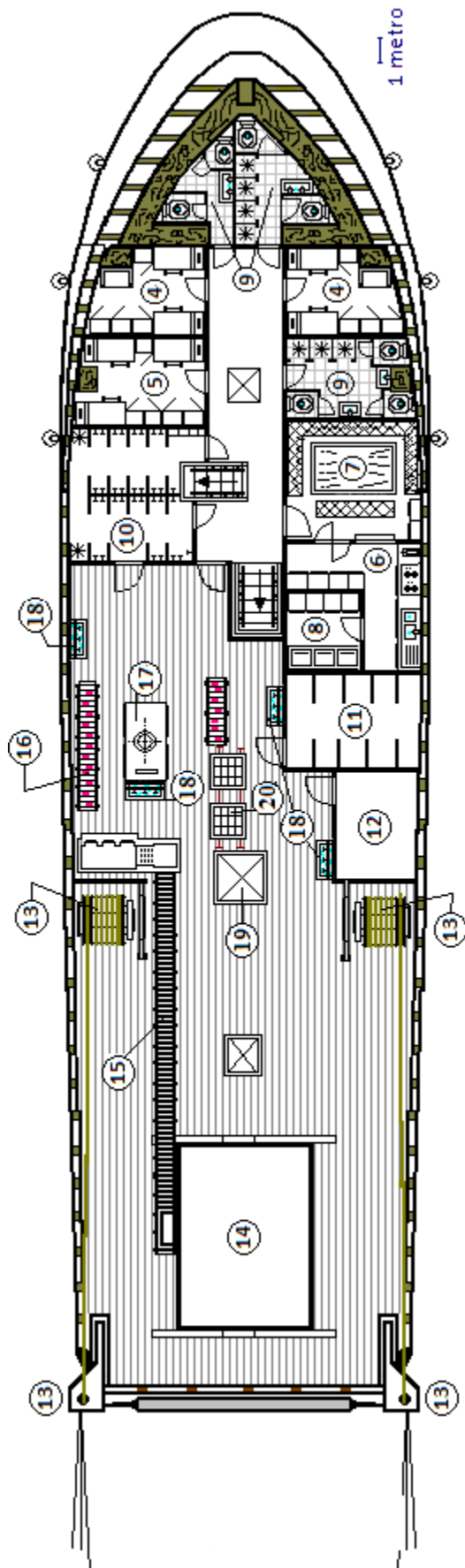
3.1.2 Castelo e ponte



- 1- Casa do leme.
- 2- Camarote do Mestre.
- 3- Camarote para 2 tripulantes.
- 9- Instalações sanitárias.
- 13- Guinchos de tracção das redes.
- 14- Tanque de lavagem do pescado.
- 28- Grua de carga/descarga de auxílio ao porão.
- 29- Paiol das baterias.
- 30- Pórtico e guincho de tracção, fecho e elevação do saco.

(Figura 23 - Castelo e Ponte)

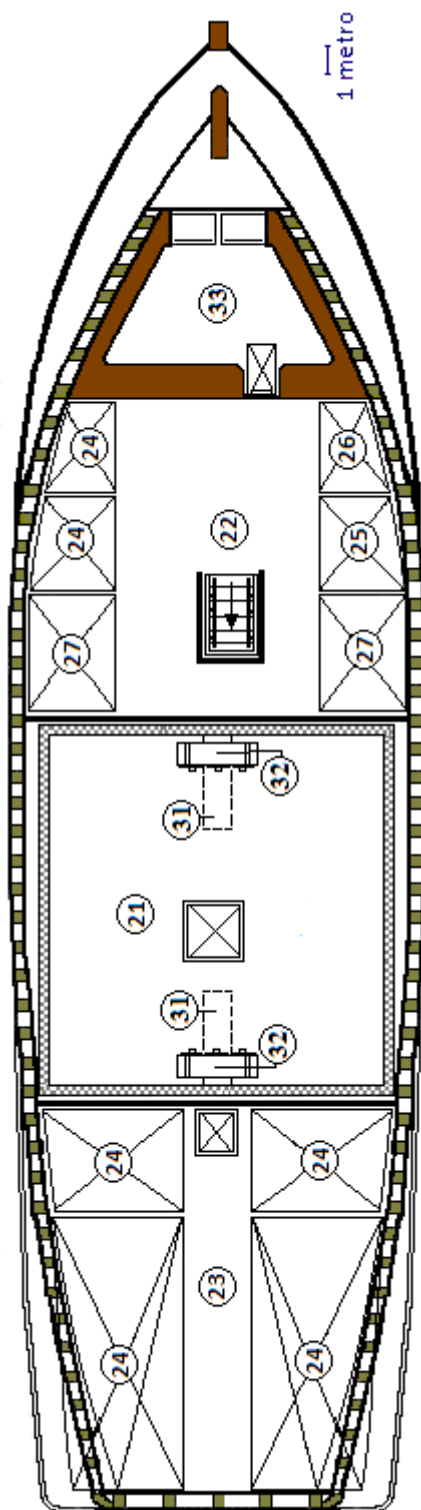
3.1.3 Convés



- 4- Camarote para 4 tripulantes.
- 5- Camarote para 6 tripulantes.
- 6- Cozinha.
- 7- Mesa.
- 8- Despensa.
- 9- Instalações sanitárias.
- 10- Vestuário
- 11- Paiol de arrumação das artes de pesca.
- 12- Paiol de arrumação de paloxes e estruturas de estiva extras.
- 13- Guinchos de tracção das redes.
- 14- Tanque de lavagem do pescado.
- 15- Tapete rolante de transporte do pescado.
- 16- Tapete de rolos loucos de transporte das caixas de crustáceos.
- 17- Congelador de placas horizontais.
- 18- Lavatório para mãos.
- 19- Entrada do porão frigorífico.
- 20- Estrutura de estiva com paloxes.

(Figura 24 - Convés)

3.1.4 Corte para flutuação



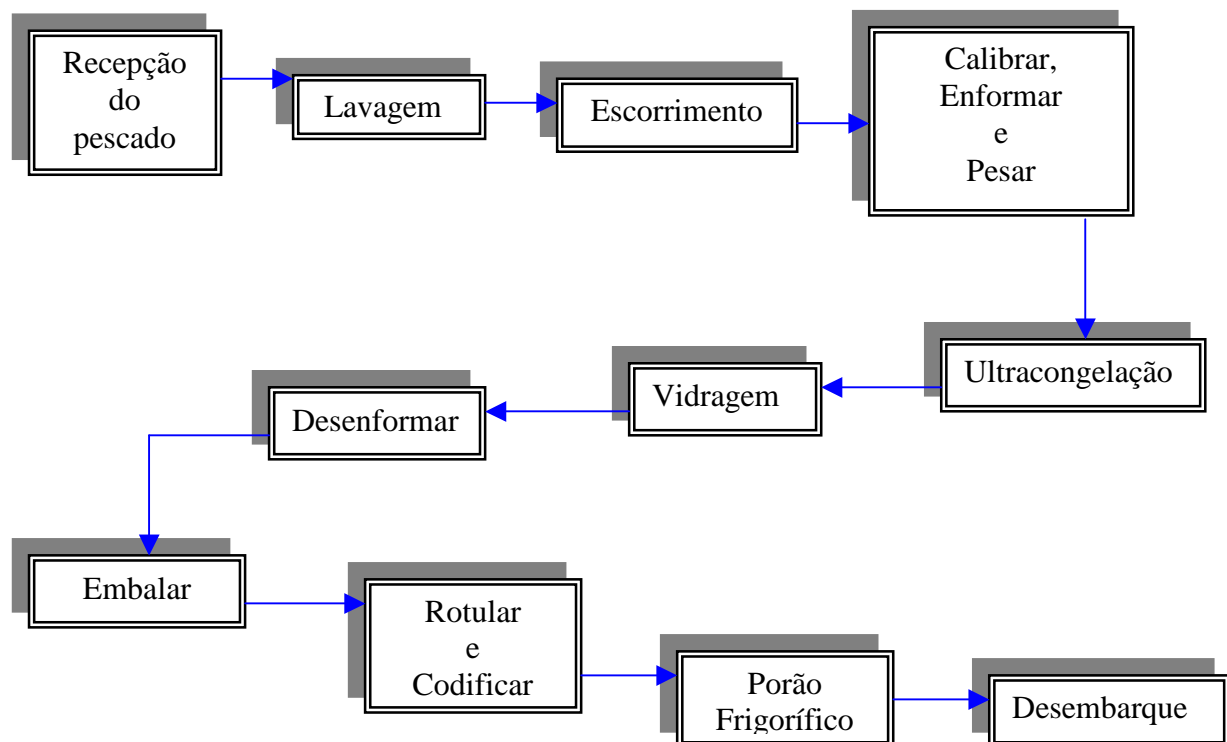
- 21- Porão frigorífico.
- 22- Casa das máquinas.
- 23- Casa das máquinas do leme.
- 24- Tanque de combustível.
- 25- Tanque de óleo de lubrificação.
- 26- Tanque de óleo hidráulico.
- 27- Reservatório de água doce.
- 31- Poço de esgoto.
- 32- Evaporadores.
- 33- Paiol de diversos.

(Figura 25 – Corte de flutuação)

4 Caracterização da fileira do pescado

4.1 Fluxograma

O fluxograma seguinte caracteriza todo o processo que o pescado (crustáceos) passa, desde a sua captura até estar pronto para entrar no circuito comercial:



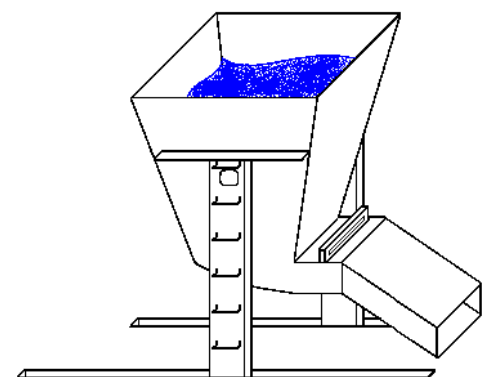
4.2 Recepção do pescado

(Figura 26 – Circuito produtivo)

A rede de arrasto é alada através da rampa de acesso para a zona de recepção do pescado, recorrendo ao auxílio de dois guinchos. Um terceiro guincho de auxílio ao fecho da rede içava o saco e suspende-o sobre a zona de recepção do pescado. O tanque de lavagem é posicionado debaixo do saco e procede-se à abertura da rede.

4.3 Lavagem

Efectua-se a separação da espécie alvo (crustáceos) de outras espécies que tenham sido capturadas por acaso e de algum objecto recolhido em conjunto com a faina (ex: algas, madeiras, etc.).



(Figura 27 – Tanque de lavagem)

O pescado é lavado com água do mar salubre (limpa e filtrada), com o objectivo de libertar os crustáceos de alguma conspurcação ou contaminação adquirida, enquanto estiveram aprisionados na rede de arrasto, na alagem ou no processo de abertura da rede.

4.4 Escorrimento

Após ter sido lavado o pescado é libertado do tanque de lavagem e por acção da força da gravidade é canalizado para o tapete rolante que o transporta até o escorredor. Evita-se assim o manuseamento do produto, a sua conspurcação e obtém-se rapidez de transporte.

No escorredor (elemento da máquina calibradora) é escorrido o excesso de água salgada usada na lavagem do pescado, mantendo-se o pescado no estado húmido.

4.5 Calibrar, Enformar e Pesar

Na máquina calibradora, os crustáceos são separados pelo seu tamanho e de acordo com a sua dimensão, são depositados em diferentes tabuleiros com a seguinte disposição:

- Tabuleiro amarelo – 30/40
- Tabuleiro verde – 60/70
- Tabuleiro castanho – 40/50
- Tabuleiro vermelho – 80/100
- Tabuleiro azul – 50/60

Os tabuleiros são de diferentes cores, de forma a facilitar a sua identificação e evitar enganos no processo de embalagem.

Os tabuleiros estão assentes em pratos de balanças digitais, que mesuram a massa do pescado. Sempre que seja atingido o valor para que o sensor foi calibrado, a máquina calibradora interrompe a alimentação dos tabuleiros.

4.6 Ultracongelação

Os tabuleiros são acondicionados num armário de placas horizontal, onde o pescado sofre um processo de ultracongelação, com uma descida brusca de temperatura da sua massa corporal, de forma a atingir rapidamente uma temperatura inferior a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A água presente na estrutura molecular do pescado, aproximadamente 80% da sua constituição, irá atingir o seu ponto de cristalização muito rapidamente, preservando a qualidade alimentar do produto e evitando a ruptura celular dos tecidos do pescado. A esta temperatura as reacções enzimáticas são praticamente nulas.

4.7 Vidragem

Os crustáceos humedecidos são introduzidos no congelador de placas horizontal e é esta humidade residual do escorrimento que será utilizada para o processo de vidragem. No congelador, para além da rápida congelação da massa corporal dos crustáceos, forma-se uma película de água que envolve todo o produto. Esta funcionará como uma camada isolante protectora, entre o produto e o meio ambiente, impedindo a desidratação (perda de água da massa corporal do pescado) e a oxidação (reacção química do pescado com o oxigénio da atmosfera da câmara), durante o processo de armazenamento em frio.

O consumidor não pode estar a pagar água ao preço do pescado. Para que tal não suceda, a legislação estabelece para os produtos vidrados um “peso líquido” (peso do produto onde está incluído a água de vidragem) e um “peso líquido escorrido” (peso do produto com dedução da água de vidragem), sendo este último o que deve ser facturado ao consumidor.

Para se determinar o valor de cada um destes itens, pesa-se o produto vidrado à saída do congelador (P1). Elimina-se a vidragem do produto passando-o por uma pulverização de água sem o descongelar, eliminando apenas a camada de gelo da vidragem, deixa-se escorrer e determina-se novamente o peso (P2).

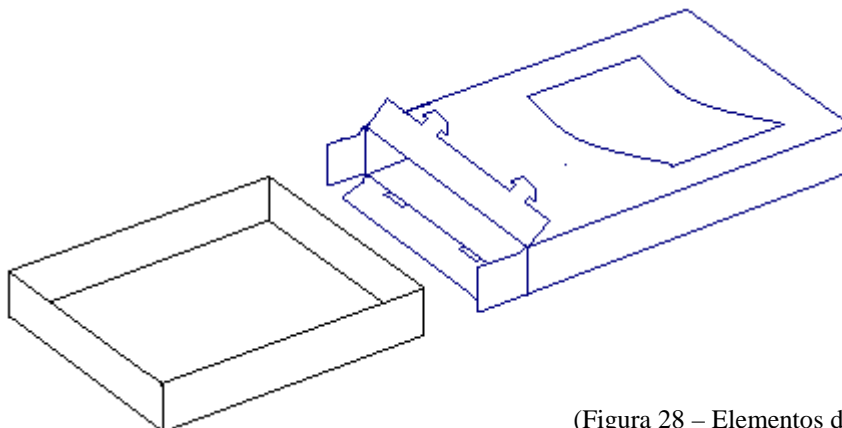
A percentagem de vidragem é calculada por:

$$\% \text{ Vidragem} = 100 \times \frac{(P1 - P2)}{P1}$$

4.8 Desenformar e Embalar

Quando a congelação e a vidragem do produto é atingida, desenforma-se o produto e embala-se em caixas de cartão com capacidade para 800 gramas. A embalagem é formada por dois elementos:

- O elemento interior, onde são acondicionados os 800 gramas de crustáceos;
- O elemento exterior, que entra por gaveta no primeiro, envolvendo-o por completo.



(Figura 28 – Elementos de embalagem)

A embalagem de cartão por si só irá funcionar como isolador térmico e impede qualquer tipo de contaminação do pescado, enquanto este permanecer no porão frigorífico e durante as operações de estiva.

4.9 Rotulagem

A rotulagem é feita na própria embalagem, por pré-impressão no elemento exterior. O rótulo é um dos itens fundamentais na cadeia do produto, onde deve constar toda a informação sobre o produto, de forma clara e explícita. O consumidor no acto da compra deve estar na posse de toda a informação necessária, para que adquira o produto em consciência, de acordo com as directrizes da União Europeia. Os itens fundamentais que deverão constar no rótulo são:

- ❑ Denominação do produto
- ❑ Data limite de consumo
- ❑ A empresa responsável pela embalagem e pela comercialização.
- ❑ País de origem.
- ❑ Origem de captura do pescado
- ❑ Lote, para o rasteio se for detectada alguma anomalia.
- ❑ Forma de apresentação (cru, cozido, ...)

4.10 Codificação

Conjuntamente com o rótulo acompanha a codificação, por código de barras. O código de barras contém toda a informação do rótulo em formato digital e outra que seja pertinente, para o rasteio do produto e que não se deseje que conste no rótulo. Outros itens, como o preço, poderão fazer parte do código de barras.

4.12 Armazenagem no porão

As caixas são colocadas em paloxes, que por sua vez são empilhadas num porta paloxes, que com ajuda de um guincho é arrumado no porão frigorífico, de acordo com o tamanho do pescado e sua classificação, até o seu desembarque no porto de destino. As operações de estiva serão descritas em pormenor, no capítulo “porão frigorífico”.

5

Aplicação das exigências técnico-funcionais e higio-sanitárias

Os regulamentos da União Europeia (CE) nº 852/2004, 853/2004 e 854/2004 do parlamento europeu, em especial o (CE) nº 853/2004 “que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal” transportam para a ordem jurídica interna as normas sanitárias à produção e colocação no mercado dos produtos da pesca.

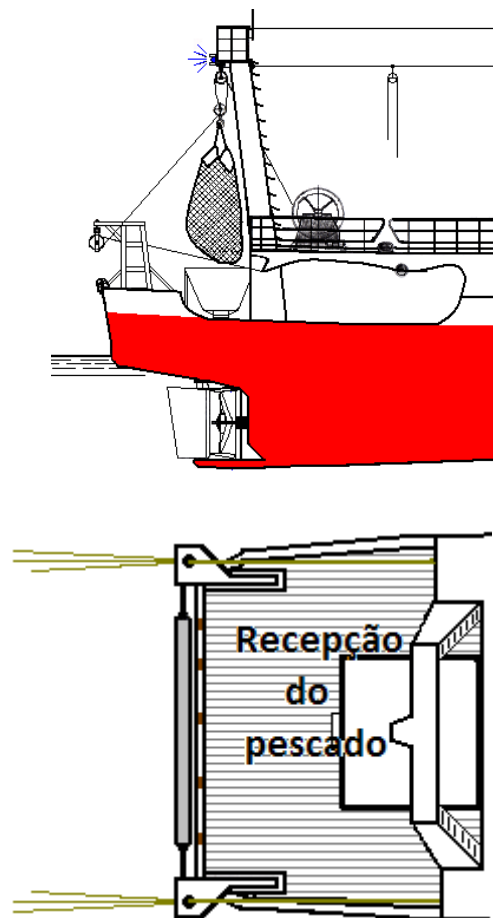
As condições de construção e do equipamento do arrastão congelador, no que diz respeito às exigências higio-sanitárias, são as estipuladas pelo decreto-lei e regulamentos para os navios-fábrica, as que pela sua maior exigência, engloba às dos navios congeladores.

Optou-se assim, por majorar as condições técnico-funcionais e higio-sanitárias do projecto do arrastão congelador, para se evitar questões de interpretação da lei pelas autoridades fiscalizadoras e ter margem de manobra para a evolução da legislação, cuja tendência natural, será ser mais exigente neste capítulo e da adaptação do próprio barco à evolução do panorama de pescas nacional.

5.1 Área de recepção do pescado

O arrastão deverá ter “uma área de recepção destinada à colocação a bordo dos produtos da pesca, concebida para permitir a separação das sucessivas capturas. Essa área deve ser fácil de limpar e concebida de forma a proteger os produtos da acção do sol ou de outros elementos atmosféricos, bem como de quaisquer fontes de contaminação” ((CE) nº 853 / 2004 –Secção VIII / Cap. I/D/1.a).

Como se pode verificar pela figura, a área reservada à recepção do pescado e de abertura da rede de arrasto possui uma área ampla, livre de obstáculos e de qualquer fonte de conspurcação ou de contaminação.



(Figura 29 – Recepção do pescado)

Toda a zona é de fácil limpeza e as águas usadas na lavagem, são rapidamente escoadas para o exterior pela rampa de acesso da rede de arrasto e através dos ralos laterais da embarcação.

A zona está protegida lateralmente e superiormente pelo piso do castelo e ponte, ficando o pescado protegido da incidência directa dos raios solares e das intempéries, quando se procede à abertura da rede de arrasto.

Os marinheiros efectuam esta operação, protegidos da intempérie, em segurança e salvos de qualquer golpe mar (ondas laterais).

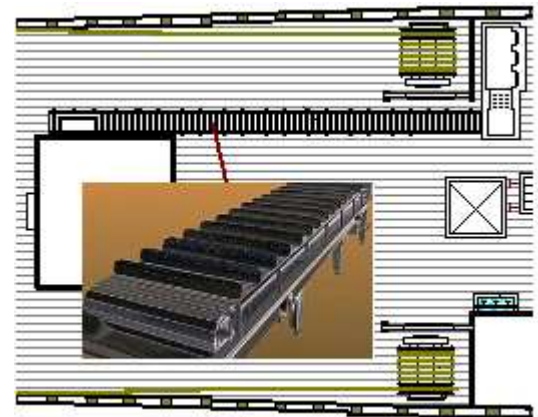
5.2 Transporte do pescado

A abertura da rede é feita directamente para o tanque de lavagem, transportando-se de seguida o produto da faina através de um tapete rolante para a máquina que efectua em simultâneo as operações escorrimento e calibração do pescado.

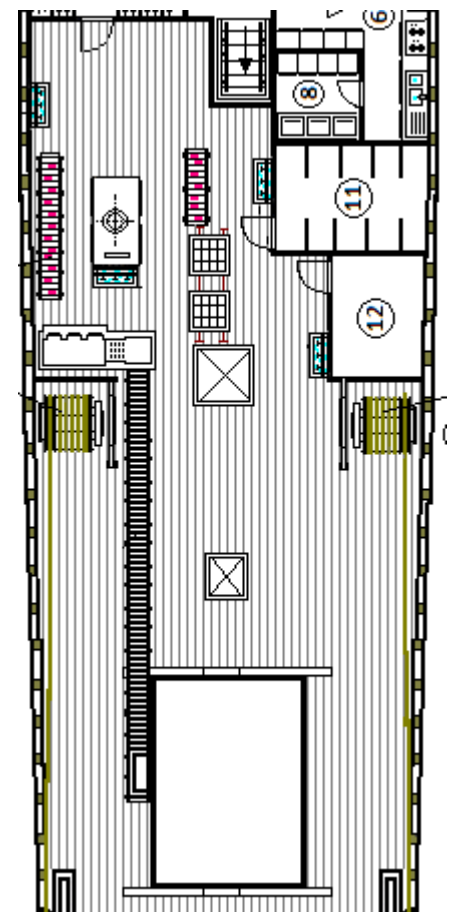
Desta forma o transporte dos crustáceos, desde a área de recepção até ao equipamento de calibragem, é efectuado livre de qualquer tipo de contaminação pelo meio envolvente, respeitando-se o regulamento no que se refere à existência de “ um sistema higiénico de transporte dos produtos da pesca da área de recepção para os locais de trabalho” ((CE) nº 853/2004 –Secção VIII / Cap. I/D/1.b).

5.3 Preparação do pescado

À saída da máquina de calibração dos crustáceos, os marinheiros possuem uma zona com dimensão suficiente para trabalharem sem constrangimentos e poderem colocar os tabuleiros dos crustáceos calibrados por tamanho, no congelador de placas, para mais tarde desenformarem os tabuleiros, para o processo de armazenagem do produto. Todo o processo de embalagem, rotulagem e codificação, é de igual modo, amplo e sem constrangimentos.



(Figura 30 – Transporte do pescado)



(Figura 31 – Linha do pescado)

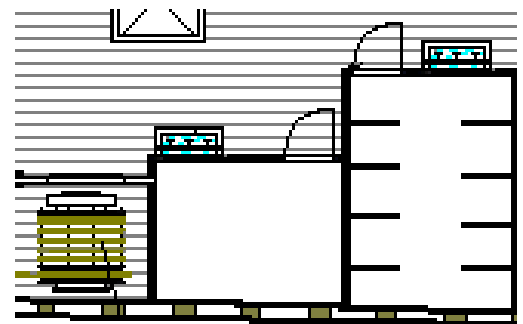
Toda esta área é de fácil limpeza, desinfecção, livre de qualquer fonte de contaminação e protegida do exterior. O produto está sempre livre de qualquer tipo de contaminação, sendo rapidamente introduzido no congelador de placas onde estará protegido pelo próprio gelo (vidragem) e mais tarde pelo invólucro da embalagem.

Estarão assim asseguradas as condições dos “locais de trabalho com dimensões suficientes para que a preparação e a transformação dos produtos da pesca possam ser efectuadas em condições de higiene, fáceis de limpar e desinfectar e concebidos e dispostos de forma a evitar qualquer contaminação dos produtos” ((CE) nº 853 / 2004 – Secção VIII / Cap. I/D/1.c).

5.4 Armazenamento de embalagens

Deverá existir “um local de armazenagem do material de embalagem, separado dos locais de preparação e de transformação dos produtos” ((CE) nº 853/2004-SecçãoVIII/Cap.I/D/1.e).

A embarcação possui um local reservado ao armazenamento das caixas de cartão, porta paloxes extra (situação de ponta) e apetrechos de pesca, em compartimentos bem delimitados entre si e separados da zona de transformação e preparação do pescado.



(Figura 32 – Armazenamento de embalagens)

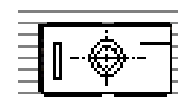
5.5 Equipamento de congelação

Um navio que congele produtos da pesca deverá “dispor de equipamento de congelação com uma potência suficiente para submeter os produtos a um abaixamento de temperatura rápido, que permita obter uma temperatura interna não superior a -18°C ” ((CE) nº 853/2004 – Secção VIII /Cap. I/C/1).

Este arrastão congelador dispõe de um congelador de placas, com a capacidade de congelar os crustáceos rapidamente, até uma temperatura de -22°C e 85% HR.

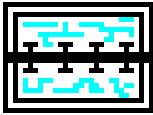


(Figura 33 – Congelador de placas)



5.6 Equipamento de lavagem das mãos

Em toda a zona de manuseamento do pescado existe distribuído estrategicamente “equipamento de lavagem das mãos para uso do pessoal que procede ao manuseamento dos produtos da pesca expostos, com torneiras concebidas de forma a evitar a disseminação da contaminação” ((CE) nº 853/2004-Secção VIII/Cap. I/D/1.h).



(Figura 34 – Lavatório de mãos)

Estes equipamentos são pequenos lavatórios para lavar as mãos, accionados mecanicamente através da pressão do pé num botão que abre a torneira de repuxo de água salubre.

5.7 Porões refrigerados

Os crustáceos devidamente embalados e prontos a entrar no circuito comercial, são armazenados no porão do navio em paloxes. Os porões estão isolados termicamente e possuem equipamento de produção de frio, com a capacidade frigorífica para manter a temperatura a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 95% HR. Possuem termómetros de registo de temperatura bem visíveis e de fácil leitura, cujos sensores se encontram nas zonas mais desfavoráveis onde a temperatura é mais elevada, com dispositivos visuais e sonoros de limite mínimo de temperatura ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). A ponte está dotada de um painel de aviso, controlo e comando de todo o porão frigorífico.

O porão está completamente isolado dos locais reservados à tripulação e da casa das máquinas, de forma a evitar qualquer tipo de contaminação de óleos ou fumos. O chão é anti-derrapante e possui escoamento de águas de fusão, estando o sistema de esgotos equipado com um sensor de nível de água, que acciona uma bomba de extracção de águas, impossibilitando qualquer contaminação do produto.

5.8 Requisitos gerais

Toda a concepção do navio, foi pensada com o objectivo de não haver contaminação e ser impossível a conspurcação do produto de pescas, com “águas residuais do fundo do porão, resíduos de esgotos, fumos, combustível, óleo, lubrificantes ou outras substâncias nocivas” ((CE) nº 853/2004-Secção VIII / Cap. I/A/1).

As zonas onde poderão ter origem estes problemas (casa das máquinas, guinchos, canalização de esgotos, chaminé das cozinhas, etc.) estão completamente delimitadas e isoladas da linha do produto, de forma a que este esteja protegido de qualquer tipo de contaminação.

Todas as superfícies são lisas de forma a facilitar a limpeza, pintadas com tinta não tóxica e de grande resistência à corrosão e de longa duração.

Todo “o equipamento e os materiais utilizados para trabalhar os produtos da pesca” são formados “por materiais resistentes à corrosão e fáceis de limpar e desinfetar” ((CE) nº 853/2004 –Secção VIII / Cap. I/A/3).

A entrada de água usada na lavagem dos crustáceos é capturada ao mar lateralmente à proa, de forma a impossibilitar a contaminação da água, por eventuais óleos libertados pelo navio ou de águas residuais libertadas por este.

5.9 Formulário de auditoria

Em seguida, apresenta-se o formulário de auditoria a navios congeladores, usados pelas autoridades de fiscalização Portuguesas (A.S.A.E. em colaboração com a Polícia Marítima), nas acções de fiscalização, em terra e mar alto, das condições “técnico-funcionais e higio-sanitárias”, gentilmente cedido pela delegação da A.S.A.E. de Faro.

Formulário de auditoria a navios congeladores/refrigeradores

FORMULÁRIO DE AUDITORIA A NAVIOS CONGELADORES/REFRIGERADORES Prévio à aprovação / auditoria completa ou reaprovação do navio – F 11- FrV/GI (Nos termos das Directivas 91/493, 93/48/CE, 92/48 CE, Reg. 852-853/2004 a partir de 01.01.06)					
Nome do navio:			Registo:		
Armador:			Congelador / CSW / RSW		
Data da auditoria:			Nome do inspector:		
A) Exigências sanitárias relativas à construção e materiais					
Elementos a inspeccionar	Gravidade das falhas				
	Me	Ma	G	C	Obs.
1 Área de recepção					
1.1 Área de recepção para a colocação a bordo adequado e em bom estado de conservação e limpa		[]			
1.2 Área disposta em parques com espaço suficiente para o fluxo de recepção		[]			
1.3 Protegida das intempéries e contaminações e em boa condição		[]	[]		
1.1 Superfície do convés fácil de limpar		[]	[]		
1.2 Lavagem adequada com água limpa em quantidade			[]		
1.3 Sistema de drenagem adequado					
2 Sistema de transporte para os locais de trabalho					
2.1 Higiénico, sem afectar a integridade do pescado			[]		

(Figura 34 – Formulário de auditoria)

<p>3 Concepção e condição dos locais de trabalho:</p> <p>3.1 Superfície adequada para trabalhar de forma higiénica.</p> <p>3.2 Evita a contaminação cruzada dos produtos</p> <p>3.3 Piso antiderrapante fácil de limpar e desinfectar</p> <p>3.4 Paredes e tectos fáceis de limpar e desinfectar</p> <p>3.5 Evacuação eficaz da água</p> <p>3.6 Separação das zonas limpas e sujas.</p> <p>3.7 Circuitos hidráulicos que evitam a contaminação</p> <p>3.8 Ventilação suficiente, com boa evacuação dos vapores (evita condensação)</p> <p>3.9 Iluminação protegida, natural ou artificial suficiente</p> <p>3.10 Material adequado de limpeza e desinfecção dos utensílios e instalações</p> <p>3.11 Dispositivos para a limpeza e desinfecção das mãos (torneiras não accionáveis à mão, toalhas de mão, sabão)</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	
<p>4. Ferramentas de trabalho e equipamentos (mesas de triagem, descabeçamento / evisceração; utensílios; correias transportadoras):</p> <p>4.1 Em materiais resistentes à corrosão.</p> <p>4.2 Fáceis de limpar e desinfectar.</p>	<p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p>			
<p>5. Materiais e locais de armazenagem:</p> <p>5.1 Porões, cisternas e contentores exclusivamente reservados à armazenagem de produtos da pesca, fáceis de limpar, com dimensões suficientes.</p> <p>5.2 Porão em separado para os subprodutos, se for caso disso.</p> <p>5.3 Local separado para o material de embalagem</p> <p>5.4 Local/armário separado para os desinfectantes e aditivos</p>	<p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>			
<p>6. Evacuação dos desperdícios e produtos impróprios:</p> <p>6.1 Evacuação directa dos desperdícios para o mar.</p> <p>6.2 Se necessário, local separado para armazenar e tratar os desperdícios</p>	<p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p>			
<p>7. Abastecimento de água potável (AP) ou água do mar limpa (AML):</p> <p>7.1 Entrada de água que evite o contacto com águas contaminadas pelos desperdícios</p> <p>7.2 Pressão e volume suficientes.</p> <p>7.3 Distinção entre as canalizações de AP, AML e água não potável através da pintura em cores diferentes.</p>		<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	
<p>8. Esgotos</p> <p>8.1 Sistema de eliminação das águas residuais adequado, com reservatório de retenção para as instalações sanitárias</p>	<p>[]</p>	<p>[]</p>	<p>[]</p>	<p>[]</p>	
<p>9. Vestiários e retretes:</p> <p>9.1 Número adequado de vestiários.</p> <p>9.2 Número adequado de lavatórios</p> <p>9.3 lavatórios providos de torneiras não accionáveis à mão</p> <p>9.4 de toalhas de mão de utilização única.</p> <p>9.5 de sabões e desinfectantes disponíveis.</p> <p>9.6 Número adequado de retretes</p> <p>9.7 Equipadas com autoclismo automático</p> <p>9.8 Retretes que não abrem directamente para os locais de trabalho.</p>	<p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	<p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p> <p>[]</p>	

(Anexo 34 – Formulário)

(Figura 34 – Formulário de auditoria)

<p>10. Instalações de congelação e armazenagem: 10.1. Potência frigorífica dos congeladores suficiente (Max. 6h min. -18°C). 10.2 Potência frigorífica dos armazéns frigoríficos suficiente (T < -18°C no geral ou T < -9°C no caso de peixes congelados em salmoura para conservas) 10.3 Armazéns munidos de sistemas de registo contínuo da temperatura de fácil consulta. 10.4 A parte termosensível do termómetro está colocada na zona em que se verifique a temperatura mais elevada.</p>	[]	[]	[]	[]	
<p>11. Produção de gelo 11.1 Gelo produzido com água potável ou AML, garantida 11.2 Silos de gelo higiénicos</p>		[]	[]	[]	
<p>12. Outros elementos ou linhas de produtos</p>					
B) Exigências sanitárias relativas às condições de higiene e das operações					
Gravidade das falhas					
Elementos a inspeccionar	Me	Ma	G	C	Obs.
<p>1. Pessoal de vigilância sanitária/operacional qualificado e planos disponíveis 1.1 Manual de boas práticas de fabrico e higiene disponível e adequado 1.2 Pessoal qualificado responsável pelas BPF/H 1.3 Plano de gestão dos aditivos (se for caso disso) 1.4 Sistema de rastreabilidade (códigos de lotes adequados) 1.5 Implementação de monitorização da temperatura e registos 1.6 Implementação de Plano sanitário e de higiene e registos 1.7 Implementação Plano de controlo da qualidade da água. Registos actualizados</p>			[] [] [] []	[] [] []	
<p>2. Higiene dos locais e materiais: 2.1 Mantidos em bom estado de limpeza e conservação. 2.1 Destruição dos roedores e outras pragas efectuada sistematicamente. – Raticidas, insecticidas, desinfectantes ou outras substâncias tóxicas armazenadas em local ou armário fechado à chave. – Inexistência de risco de contaminação dos produtos pelos raticidas, insecticidas,... 2.2 Locais de trabalho utilizados unicamente para o acondicionamento dos produtos. 2.3 Água potável ou água do mar limpa utilizada em todas as situações, salvo indicação em contrário. 2.4 Detergentes e desinfectantes aprovados. 2.5 Locais e materiais limpos e desinfectados <u>pelos menos</u> uma vez por dia de trabalho.</p>	[]	[] []	[] []	[] [] []	

(Figura 34 – Formulário de auditoria)

3. Higiene do pessoal:					
3.1 Atestado médico para todas as pessoas que manipulam produtos.				[]	
3.2 Pessoal que manipula produtos sujeito a acompanhamento médico.				[]	
3.3 Interdição a todas as pessoas susceptíveis de contaminar o produto e de o manipular/tratar.			[]	[]	
3.4 Utilização de vestuário de trabalho adequado e limpo.	[]		[]		
3.5 Cabelos completamente cobertos por touca limpa.	[]				
3.6 Mãos lavadas de cada vez que recomeçam o trabalho.			[]		
3.7 Ferimentos das mãos cobertos com pensos estanques. Existência da caixa de primeiros socorros			[]	[]	
3.8 O pessoal respeita as interdições de fumar, beber, cuspir e comer nos locais de trabalho/armazenagem. Sinais afixados			[]	[]	
3.9 Camarotes da tripulação com boas condições de asseio.					
4. Fabrico e utilização do gelo, nos casos aplicáveis:					
4.1 Gelo fabricado a partir de AP ou AML.				[]	
4.2 Gelo armazenado higienicamente nos contentores existentes para o efeito.			[]		
4.3. Contentores de gelo limpos e em bom estado de conservação.	[]		[]		
5. Contentores para o peixe fresco					
5.1 Evitam a contaminação?	[]		[]		
5.2 Preservam a higiene do produto?	[]				
5.3 São de fácil drenagem?	[]		[]		
6 Produtos frescos:					
6.1 Eventual descabeçamento e evisceração higiénicos.	[]		[]		
6.2 Os peixes descabeçados ou eviscerados são abundantemente lavados com água potável ou água do mar limpa, imediatamente após a operação.	[]		[]		
6.3 Colocados em gelo ou congelados imediatamente.	[]		[]		
6.4 As vísceras e as partes potencialmente perigosas para o consumidor são rapidamente separadas do produto.			[]	[]	[]
7 Armazenagem dos produtos congelados:					
7.1 As temperaturas são registadas no termógrafo ou equivalente.	[]		[]		
7.2 Os registos são conservados no mínimo durante o período de validade do produto.	[]		[]		[]
8 Produção de crustáceos cozidos:					
8.1 A cozedura é rapidamente seguida de um arrefecimento até à temperatura do gelo.	[]		[]		
8.2 A água de arrefecimento é água potável ou água do mar limpa.				[]	
8.3 Operações de descasque e extracção das conchas efectuadas de forma higiénica.			[]	[]	
8.4 Produtos cozidos armazenados em local adequado.					[]
9 Condições relativas aos parasitas:					
9.1 Os peixes são submetidos a um exame visual para pesquisa e detecção de parasitas visíveis, conforme BPF.	[]				
9.2 Os peixes com parasitas evidentes importantes são rejeitados	[]		[]	[]	
9.3 Os produtos congelados ou livres de parasitas são acompanhados de uma declaração que ateste esse facto.	[]			[]	[]
Total de falhas					

(Figura 34 – Formulário de auditoria)

6

Tecnologia do frio **aplicada ao pescado**

6.1 Transmissão de calor

Pretende-se congelar os crustáceos (camarões, gambas e lagostins) capturados pelo arrastão, o mais rapidamente possível, minimizando o tempo que decorre desde a abertura da rede de arrasto até à sua entrada no equipamento congelação. É fundamental que o organismo do animal não tenha tempo para entrar em processo de decomposição e mantenha o seu valor nutricional intacto, à chegada ao circuito comercial.

Congelar, implica diminuir a temperatura dos corpos dos animais a uma temperatura inferior a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura limite da actividade da água, à qual a actividade microbiana é inexistente e as reacções enzimáticas e químicas são mínimas.

Quando retiramos calor de um corpo, subtraímos energia da estrutura molecular do seu corpo, diminuindo o seu estado de agitação molecular. A actividade dos átomos e moléculas diminui gradualmente com a descida da temperatura, que se dá por transferência de calor dos corpos (fonte quente) para o meio que as envolve (fonte fria). Se a temperatura de “zero absoluto” for atingida ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou 0 K) a actividade molecular cessa.

A transferência de calor faz-se sempre no sentido da fonte “quente” para a fonte “fria”, utilizando um dos três métodos de transmissão de calor:

- ❑ Condução
- ❑ Convecccção
- ❑ Radiação

6.1.1 Condução

A transferência de calor por condução, é efectuada através de um corpo sólido ou das camadas imóveis mais espessas dos líquidos e gases, por agitação atómica e molecular da matéria que os forma.

Quando fornecemos energia a uma das faces de um corpo, o calor vai-se propagar ao longo do corpo por agitação atómica. Os electrões dos átomos que recebem a energia térmica irão “saltar” provisoriamente para orbitas energéticas superiores, tendo no entanto, a tendência de regressar às orbitas que ocupavam anteriormente, por estas serem mais estáveis nas relações das forças de coesão da matéria. Ao fazê-lo irão fornecer energia aos átomos vizinhos, originando desta forma, um fluxo energético de calor.

Para que haja transferência de calor entre dois sólidos diferentes, terá obrigatoriamente que haver contacto directo entre eles, para que a energia térmica se possa transitar de um corpo para o outro, sempre no sentido do corpo com maior carga térmica (mais quente), para o de menor agitação atómica e molecular (menos quente).

A lei fundamental de transmissão de calor por condução é o postulado de Fouriet:

“A quantidade infinitamente pequena de calor “dq” que no tempo infinitamente pequeno “dt” passa através da superfície “ds”, é proporcional a esta superfície, ao tempo, ao gradiente térmico “dT/dX” e a um coeficiente ”K” função do material de que o corpo é constituído”

$$dq = - K \times dS \times dT/dX \times dt$$

Integrando em ordem ao tempo, obtemos:

$$\int dq = \int (- K \times dS \times dT/dX) dt \Leftrightarrow q = - K \times dS \times dT/dX \times t \Leftrightarrow q / t = - K \times dS \times dT/dX$$

Se $Q = q / t$ (quantidade de calor por unidade de tempo), obtemos a equação de Fouriet normalmente usada:

	$Q = - K \times dS \times dT/dX$
Q	Quantidade de calor por unidade de tempo [W]
K	Coeficiente global de transmissão térmica [W/(m ² ×K)]
dS	Área de transmissão térmica [m ²]
dT/dX	Gradiente de temperatura segundo a direcção de transmissão do calor [K]

(Tabela 3 – Transmissão por condução)

6.1.2 Convecção

A transmissão de calor por convecção faz-se entre dois estados, graças à movimentação das partículas móveis das substâncias líquidas, gasosas ou pulverulentas.

Num túnel de congelação, onde a transmissão de calor é feita fundamentalmente desta forma, o ar em contacto com o evaporador é arrefecido, transferindo energia térmica para o fluido frigorígeno, que usa essa energia para mudar do estado líquido para o gasoso. O ar mais quente sobe e toma o lugar do ar arrefecido junto do evaporador, enquanto o ar frio desce e entra em contacto com o pescado na passadeira rolante ou armazenado em carros, congelando-o. Forma-se deste modo, um fluxo de ar contínuo, que transfere o calor do pescado (fonte quente) até o evaporador (fonte fria), o qual será mais intenso quanto maior for o gradiente de temperatura entre as fontes.

Normalmente utiliza-se ventiladores para aumentar a velocidade de troca de calor entre o pescado e o evaporador. O ar funciona assim como meio condutor de calor e é ele o responsável pelo transporte da energia térmica entre o pescado e o evaporador.

A transmissão de calor por convecção é regulada pela equação:

20

	$Q = hc \times A \times (T_s - T_\infty)$
Q	Quantidade de calor por unidade de tempo [W]
hc	Coeficiente de transmissão de calor [$W/(m^2 \times K)$]
A	Área de transmissão térmica [m^2]
T_s	Temperatura da parede do sólido [K]
T_∞	Temperatura do meio [K]

Devemos na equação anterior ter em atenção que “hc” que representa o coeficiente médio de transmissão de calor [$W/(m^2.K)$], o qual é uma função complexa do fluido, das suas propriedades térmicas, da geometria do sistema, depende do local onde a temperatura do fluido é medida e cujo valor não é uniforme ao longo da superfície.

6.1.3 Radiação

A transmissão de calor por radiação é feita por ondas electromagnéticas, que quando usam um meio para se propagarem, não o influenciam (não perdem energia para ele) e apenas exercem o seu efeito nos objectos que encontram no seu destino.

A radiação viaja à velocidade da luz (3×10^8 m/s) e nem necessita de um meio para se propagar. Um corpo inserido numa câmara de vácuo, recebe e emite energia térmica para as paredes da câmara por radiação, apesar de estar impossibilitado de o fazer por transferência condutiva e convectiva.

De forma simplificada a lei de Stefan-Boltzmann para corpos cinzentos (corpos cuja emissividade é constante para todos os comprimentos de onda) é dada pela expressão:

	$E = \epsilon \times A \times \sigma \times T^4$
Q	Energia emitida por radiação [W]
ε	Emissividade ($0 < \epsilon < 1$) se $\epsilon = 1$ é um corpo negro
A	Área de transmissão térmica [m^2]
σ	Constante de Stefan-Boltzmann (56.7×10^{-8} [$W/(m^2 \times ^\circ K^4)$])
T	Temperatura absoluta do corpo [K]

(Tabela 5 – Transmissão por radiação)

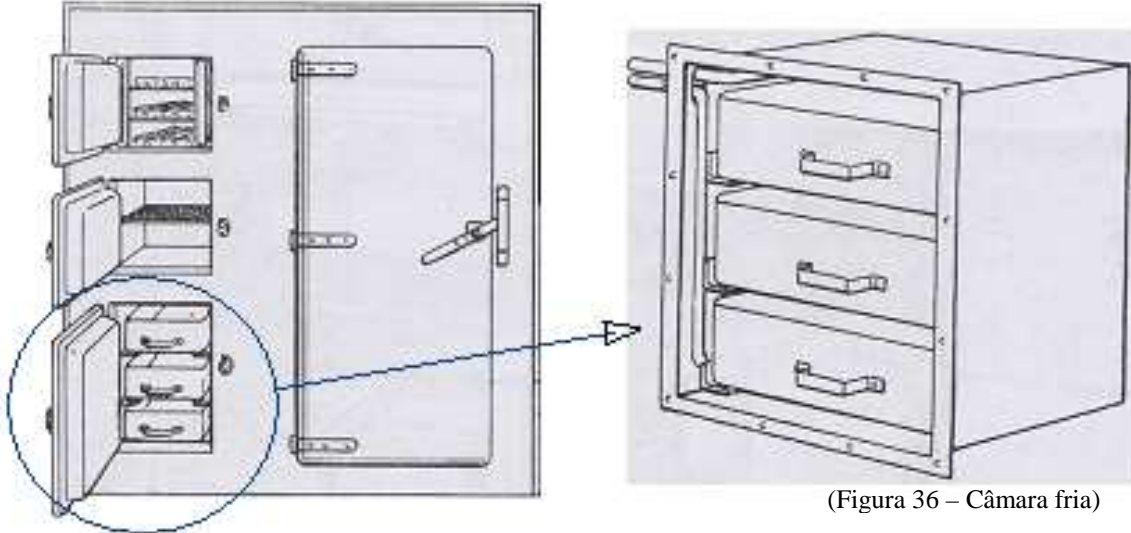
Em conclusão, para os três processos de transmissão de calor, podemos afirmar que na congelação do pescado, apesar de por vezes um dos meios ser o predominante, a extracção de energia térmica é efectuada pela combinação de dois ou dos três processos referenciados.

6.2 Métodos de congelação

A congelação de pescado pode-se efectuar recorrendo a vários métodos, cuja escolha depende de factores como: rapidez de congelação; espécie a congelar; espaço disponível; massa a congelar; condicionalismos da instalação; etc. Os métodos mais comuns de congelação são apresentados de seguida...

6.2.1 Exposição a uma atmosfera fria

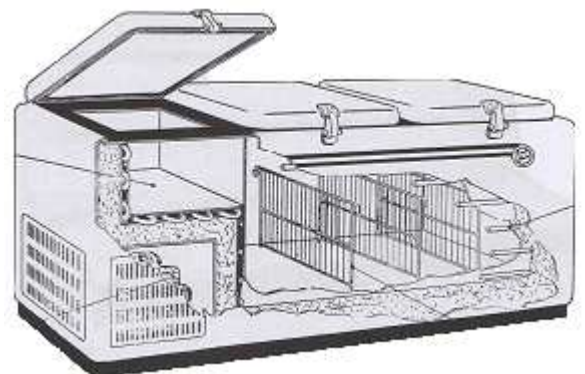
O pescado é introduzido numa câmara fria e exposto a ar, à temperatura entre os $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. O ar imóvel dentro da câmara é arrefecido por contacto com as paredes frias da câmara, onde estão inseridos os evaporadores.



(Figura 36 – Câmara fria)

É um processo pouco eficiente e lento de congelação, já que o arrefecimento se dá pela transmissão de calor entre as várias camadas de ar, através da transferência de energia dos seus átomos, desde as paredes até o produto a congelar (convecção e radiação).

O produto em contacto com as paredes da câmara ou mais próximo destas, congela mais rapidamente, pois junta os dois processos anteriores com a transmissão de calor por condução, retirando calor também ao produto que está junto de si. É um congelamento lento e pouco homogéneo, pelo que não será o mais aconselhável, se é desejado um longo período de congelação em condições óptimas de consumo do pescado.



(Figura 37 – Arca frigorífica)

6.2.2 Exposição a uma corrente de ar frio forçado

A grande diferença em relação ao processo anterior é o recurso a ventiladores, que forçam o ar da câmara ou do túnel de congelação, a circular com determinada velocidade pelos evaporadores e produto a congelar. A velocidade dependerá do equipamento e do próprio produto a congelar.

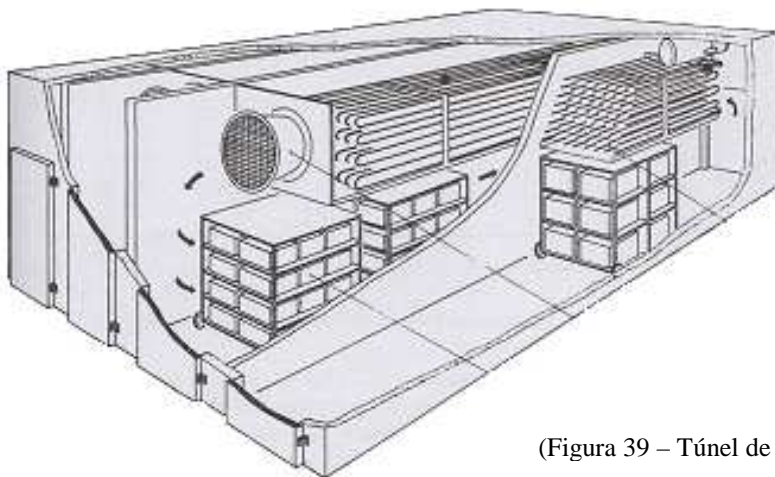
Desta forma a transferência de calor entre o ar-produto e ar- evaporadores é mais rápida, fazendo toda a diferença na eficiência e eficácia do sistema. O pescado é rapidamente congelado até temperaturas da ordem dos $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, com velocidades do ar na ordem dos 5 a 6 m/s.

Este meio de congelação tem como vantagens:

- ❑ Versatilidade;
- ❑ Rapidez de congelação;
- ❑ Ser recomendável para processos contínuos de linhas de produção e para linhas automatizadas;
- ❑ Estar normalmente associado a passadeiras rolantes, funcionando deste modo também como transportador do produto.



(Figura 38 – Túnel de vento)



As desvantagens são:

- ❑ Custo mais elevado;
- ❑ Maior consumo médio de energia;
- ❑ Necessidade de mais espaço na área de implementação da instalação.

(Figura 39 – Túnel de congelação)

6.2.3 Contacto directo

A congelação por contacto directo efectua-se fundamentalmente por transmissão de calor por condução, através do contacto do produto a congelar (pescado) com o meio de transferência de calor, o metal (alumínio ou aço).

Este contacto pode ser de:

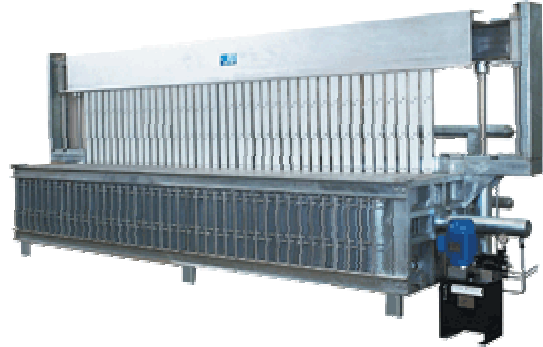
- ❑ **Simplefeito**, quando o contacto se estabelece apenas por um dos lados ou faces do produto a congelar;
- ❑ **Duplo efeito**, se o contacto do pescado com as placas é efectuado segundo dois planos paralelos, aumentando desta forma a rapidez da congelação.

A congelação por placas é ligeiramente mais rápida que a efectuada por ar forçado nos túneis de congelação e funciona normalmente a temperaturas entre os $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e os $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, proporcionando uma protecção maior contra a desidratação que o produto pode sofrer durante a congelação.

Este tipo de congeladores divide-se em:

- ❑ Congeladores de **placas verticais**, que possuem as estações (andares de congelação) dispostas na vertical.
- ❑ Os congeladores de **placas horizontais**, que possuem as estações dispostas na horizontal.

Nos congeladores de placas verticais, o produto a congelar é colocado a granel entre as placas de metal, as quais exercem uma pressão sobre o produto, por acção normalmente de um macaco hidráulico, de forma a manter o contacto entre metal e o produto a congelar, nas condições ideais de contacto entre superfícies, para a transmissão de calor por condução.



(Figura 40 – Armário Vertical)

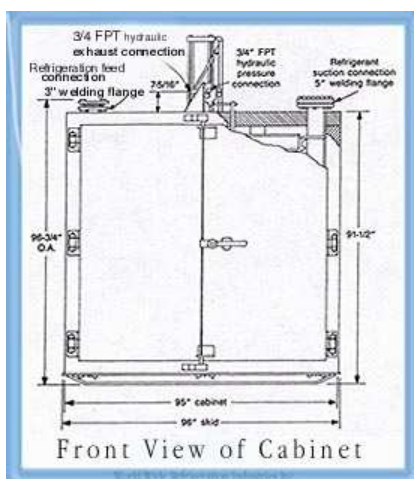
(Figura 41 – Armário Horizontal)



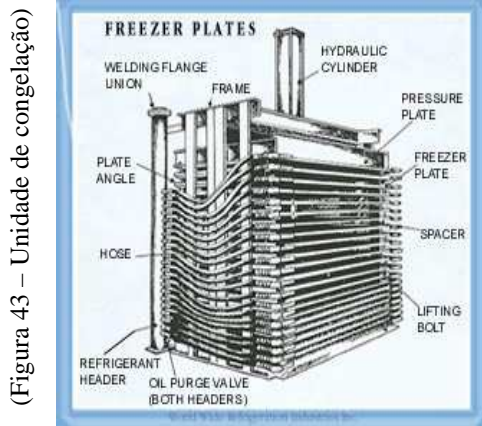
Nos congeladores de placas horizontais, o produto a congelar é introduzido entre as placas, directamente em tabuleiros ou embalagens, consoante o tipo de produto. Força-se o contacto das placas com o produto, normalmente por pressão exercida por um cilindro hidráulico, para que a transmissão de calor entre as placas e o produto se dê mais rapidamente.

Estes tipos de congeladores são constituídos por duas partes fundamentais:

(Figura 42 – Cabine)



A cabine: Tem a função de proteger toda a unidade de congelação contra os choques mecânicos e fornecer o isolamento térmico do ambiente interior. Usa-se assim painéis isolantes, revestidos com chapa de aço em ambos os lados ou em fibra de vidro, complementados com uma porta também ela isolada e robusta, de abertura fácil, com juntas que impeçam a transmissão de calor entre o interior da cabine e o meio exterior.



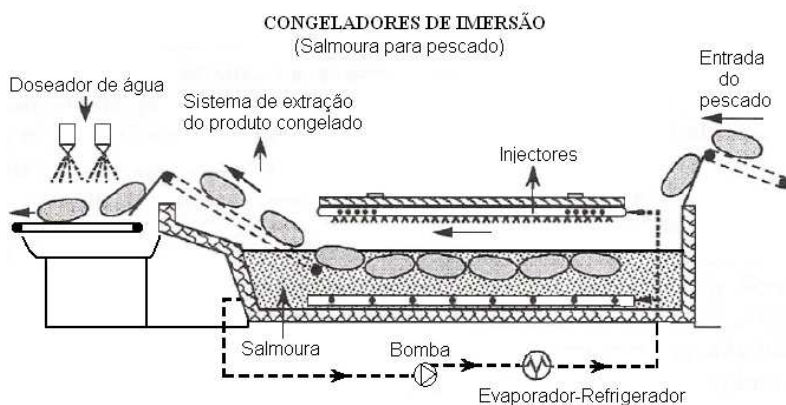
A unidade de congelação: Formada por placas de metal condutor (ex: aço ou alumínio) no interior do qual circula um fluido frigorífero, que ao evaporar-se retira calor ao pescado.

6.2.4 Imersão em líquidos

A congelação do pescado por imersão em fluido ou agente congelador, consiste em mergulhá-lo num tanque que contenha fluido congelador, no estado líquido e a baixa temperatura, de forma a retirar rapidamente calor por convecção ao pescado.

Os fluidos congelantes deverão ter as seguintes características:

- ❑ Não poderão ser tóxicos (não poderá haver contaminação do pescado para consumo humano);
- ❑ Possuírem uma viscosidade baixa (escorre rapidamente do pescado quando este é retirado da tanque de congelação, eliminando-se a sua presença no produto);
- ❑ Serem de baixo custo (este processo tem grande perda do líquido congelante e este tem frequentemente de ser renovado por limitações higio-sanitárias);
- ❑ Possuírem uma condutividade térmica elevada (para que a transferência de calor entre o pescado e o líquido congelador, seja feita o mais rapidamente possível)
- ❑ Possuírem um ponto de congelação baixo (o fluído deverá permanecer no estado líquido a baixas temperaturas e não deve solidificar às temperaturas exteriores que o navio opera, que poderão ser muito baixas, por exemplo, nos pólos).



(Figura 44 – Salmoura)

São exemplos de utilização deste método os tanques de salmoura de cloreto de sódio para congelação do atum e de sardinhas. A glicerina e glicóis (propilenoglicol) são também muitas vezes utilizados na indústria alimentar.

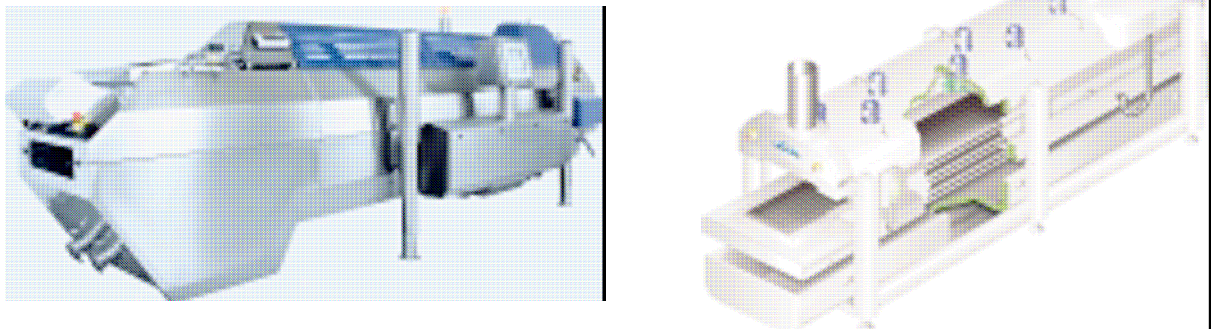
6.2.5 Congelação criogénica

Este processo de congelação utiliza compostos químicos no estado gasoso ou líquido, que poderão ser utilizados directamente no produto a congelar, por imersão directa, aspersão ou pulverização do líquido (por vezes a temperaturas inferiores de -50°C) ou ainda por circulação do vapor criogénico.

O Nitrogénio (no estado líquido ou gasoso), o Azoto líquido, o Dióxido de Carbono e em menor escala o Óxido Nitroso (estado líquido), são alguns dos compostos utilizados neste processo. São produtos que podem ser armazenados a baixa pressão e a temperaturas muito baixas, a título de exemplo: -196°C para o N_2 (azoto) e -78°C para o CO_2 (dióxido de carbono).

Seja qual for o processo utilizado, ao entrarem em contacto directo com o pescado de maior carga térmica, evaporizam-se instantaneamente, absorvendo rapidamente uma grande quantidade de energia térmica oriunda do pescado, arrefecendo-o de forma brusca e homogénea, antes de serem libertados para a atmosfera.

(Figura 45 – Congelação criogénica)



Este processo tem como grande vantagem, efectuar uma congelação muito rápida. Como grande inconveniente, tem o facto de se perder para a atmosfera parte do fluído congelador, durante a transferência e carga do sistema (pode atingir os 10 %), armazenamento (0.5 %) e processo de congelação (pode atingir os 100%). Contribui desta maneira, para os inconvenientes do agravamento do buraco de ozono e aquecimento global.

6.3 Rapidez da congelação

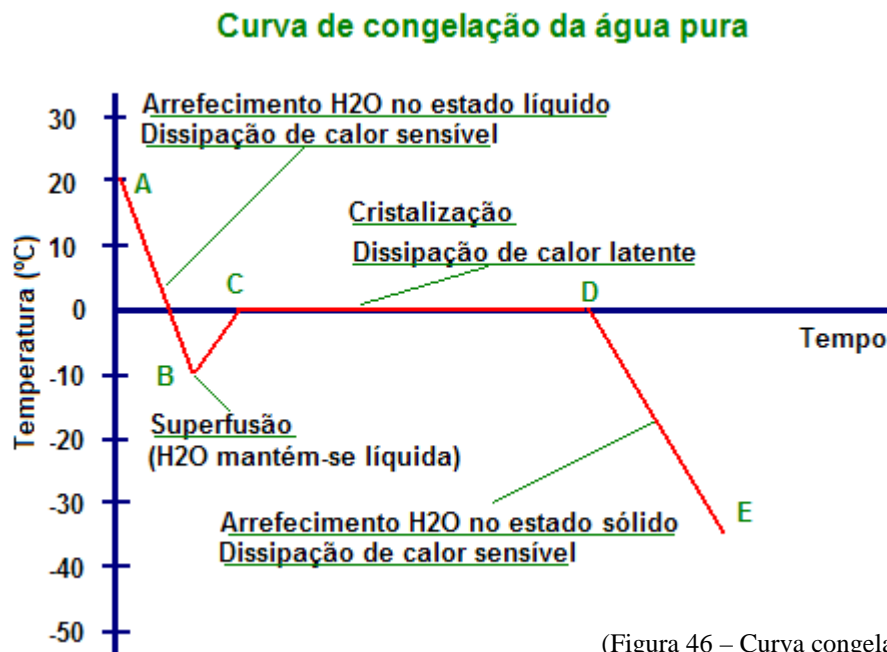
A velocidade com que a congelação do pescado se efectua, condiciona directamente a qualidade desse pescado para o consumo humano. A matéria orgânica dos crustáceos é formada entre 75% a 80% por água. Quando se expõe o pescado a um meio de temperatura baixa, a água que as células contêm congela, por transferência de calor do pescado para o meio envolvente, formando-se cristais de gelo intracelular e intercelular, na matéria orgânica que forma a estrutura molecular do pescado.

Estes cristais de gelo formam-se entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ e os -2°C , de acordo com a concentração de sais em suspensão coloidal nas células, estimando-se que a água livre nas células a -10°C esteja solidificada em 90% e atinja os 100% aos -18°C .

Durante a formação dos cristais de gelo, poderá haver a ruptura das paredes celulares, ficando a integridade e qualidade do pescado em causa. Este problema está directamente relacionado com a dimensão e velocidade da formação dos cristais de gelo, especialmente os cristais intercelulares.

6.3.1 Curvas de congelação

A água pura congela a 0°C, no entanto se contiver sais minerais dissolvidos (em solução) o seu ponto de congelação aumenta, de acordo com a concentração desses sais. É por esse facto que a água doce dos rios (menor concentração de sais) congela mais rapidamente que a água salgada dos oceanos (maior concentração de sais). Tal facto, pode-se constatar nos gráficos em anexo, onde é representada a curva de evolução da congelação da água pura (anexo) e em solução (anexo).



A água no seu estado puro, ao transferir calor para o meio ambiente vai descendo a sua temperatura, do ponto “A” para o ponto “B”, mantendo-se no estado líquido.

O ponto B (ponto de superfusão ou sobrefrefecimento), representa a temperatura mais baixa que a água consegue atingir mantendo-se no estado líquido. Neste ponto, a água possui uma temperatura inferior à da sua temperatura de congelação (0 °C). É um ponto de transição, onde as moléculas da água se reajustam molecularmente, para o processo de mudança de fase do estado líquido para sólido.

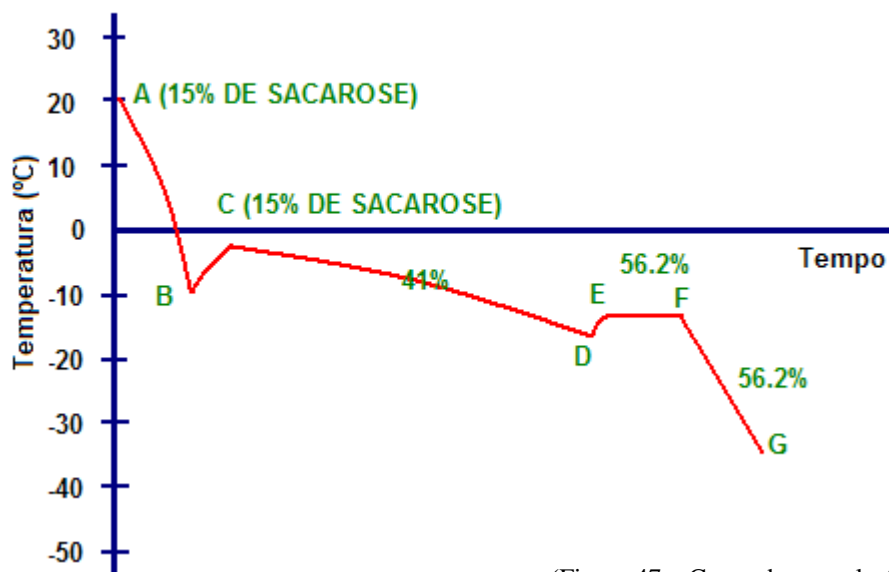
Do ponto “B” para o ponto “C”, a água irá ganhar calor sensível até ao seu ponto de congelação, à custa do calor latente, que se transfere na estrutura molecular e se transforma de calor latente para calor sensível.

Ao ser atingido o ponto “C”, o calor latente começa a ser libertado para fora da estrutura molecular da água e inicia-se a formação de cristais de gelo e a mudança de estado de líquido para sólido, até o ponto “D”.

De “D” para “E”, a água está no estado sólido e a sua descida de temperatura, deve-se à dissipação de calor sensível.

De seguida, apresenta-se a curva de congelação de uma solução diluída de sacarose, que se aproxima mais do comportamento da água em solução dentro da estrutura molecular dos seres vivos.

Curva de congelação de uma solução diluída de sacarose



(Figura 47 – Curva de congelação da sacarose)

Do ponto “A” ao ponto “C”, a solução comporta-se de forma semelhante ao da curva da água pura. A diferença fundamental está no ponto de congelação que é inferior a 0 °C, devido ao soluto (sacarose) que se encontra dissolvida na solução (água). A dissolução da substância na água, de acordo com a sua concentração, provoca a deslocação do ponto de congelação para temperaturas mais baixas.

De “C” para “D”, o calor latente é libertado e forma-se cristais de gelo. Ao se formar os cristais de gelo, a concentração de solutos na água líquida aumenta, o que provoca uma diminuição da temperatura de congelação.

De “D” para “E”, o soluto atinge a sobresaturação e cristaliza. A libertação do calor latente é aproveitada para aumentar a temperatura sensível, até a temperatura eutética do soluto.

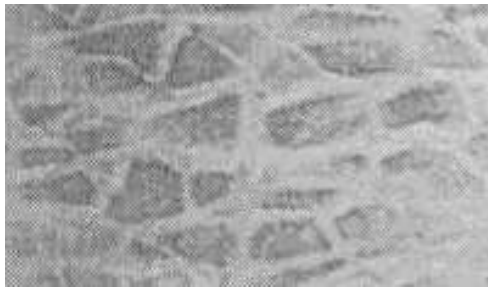
Do ponto “E” para “F”, a cristalização da água e dos solutos, procede-se de forma contínua.

Finalmente de “F” para “G”, a temperatura da solução no estado sólido desce até atingir a temperatura do congelador.

6.3.2 Congelação lenta

Se a congelação se fizer lentamente, a água que as células contêm vão formar cristais de grandes dimensões, que são autênticos bisturis que provocam a ruptura da membrana celular. Na zona intercelular (entre células), formam-se cristais de gelo de grande dimensão que provocam inchaço e separação física das fibras, fazendo pressão sobre as células, empurrando-as e dando origem a ranhuras ou sulcos alternados nas fibras.

Devido à ruptura que as células sofrem durante a congelação lenta do pescado, todo o equilíbrio celular fica em causa. A água em solução no interior das células migra para o seu exterior, contribuindo para o aumento da dimensão dos cristais que se formam entre as células. Na sua passagem pela membrana celular, contribuem para sua destruição, já que parte da água já se encontra no estado sólido.



Tecido celular de camarão (visto ao microscópico), após a sua captura.

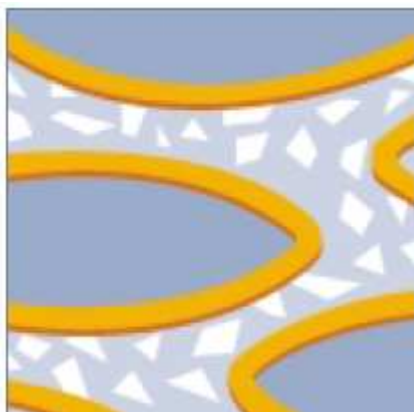


Tecido celular de camarão (visto ao microscópico) após uma congelação lenta, onde se verifica a existência de ruptura celular.

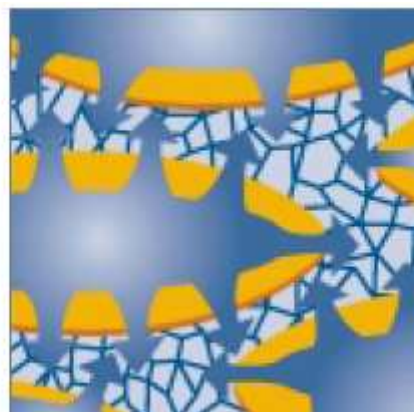
(Figura 48 – Estrutura celular camarão)

Quando os crustáceos sofrerem o processo de descongelação, iremos observar um gotejamento ou liquidificação de parte da matéria orgânica do pescado, oriunda dos fluidos intracelulares e intercelulares, perdendo-se desta forma qualidade do produto.

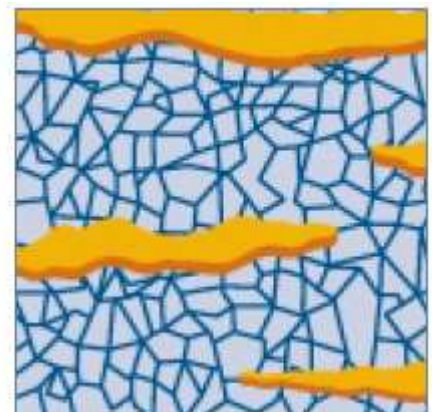
A perda de fluído por parte das células, irá provocar perda de água por parte do pescado (a maior responsável pela diminuição de peso líquido) e uma variedade enorme de substâncias fundamentais solúveis na água, como as proteínas, os aminoácidos, as vitaminas e os sais minerais.



Cristalização da água intercelular.



Destruição do equilíbrio celular e migração da água para o exterior das células

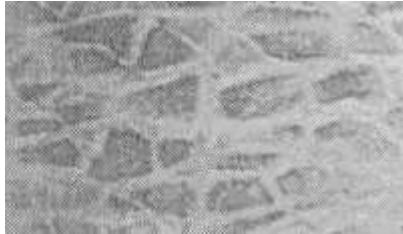


Cristais de grande dimensão, que colocam em causa toda a estrutura celular

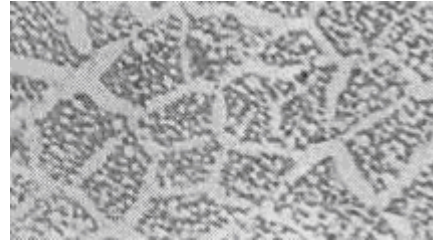
(Figura 49 – Cristalização)

6.3.2 Congelação rápida

A congelação rápida consiste em retirar ao pescado, uma quantidade de calor de forma brusca, para que a zona de cristalização da água contida na matéria orgânica dos crustáceos, seja rapidamente ultrapassada, sem que afecte a qualidade do produto.



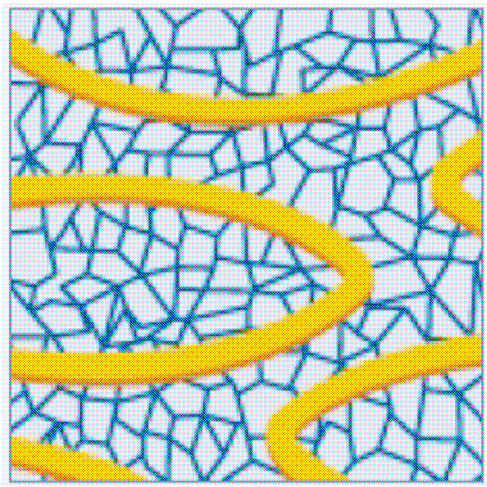
Tecido celular de camarão (visto ao microscópico), após a sua captura.



Tecido celular de camarão (visto ao microscópico) após uma congelação rápida, onde se verifica a manutenção da estrutura célula

(Figura 50 – Tecido celular)

Os cristais formados são de pequena dimensão, não provocando a ruptura da membrana celular e formam-se fundamentalmente no interior das células.



(Figura 51 – Cristalização II)

Estes cristais intracelulares no processo de descongelação, são facilmente reabsorvidos pela estrutura celular, mantendo-se intacta toda a qualidade do pescado e dos seus componentes, fundamentais para a alimentação humana.

Devido à rapidez do processo, a água no interior e exterior das células congela à mesma velocidade, formando cristais pequenos que não afectam a estrutura celular. Ao serem descongelados os crustáceos mantêm todo o seu sabor, textura e frescura, como se não tivessem passado pelo processo de congelação.

Porão frigorífico

O porão frigorífico desempenha uma função fundamental na cadeia de frio, tendo como função manter a temperatura do produto constante a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, de forma a garantir a continuidade da cadeia de frio, ponto essencial do tripé frigorífico.

O produto pré-congelado ($-22\text{ }^{\circ}\text{C}$), no congelador de placas horizontais, é conservado congelado no porão frigorífico, até à sua chegada ao porto cais e entrada no circuito comercial.

7.1 Acondicionamento do produto

O acondicionamento dos crustáceos efectua-se à saída do congelador de placas horizontais, com o seu embalamento em caixas de cartão, acondicionamento em paloxe, acondicionamento e transporte, pelo sistema de estiva de paloxes, até o lugar pré-destinado no porão frigorífico.

7.1.1 Embalagem

Os crustáceos são acondicionados numa embalagem de cartão rectangular, com as dimensões de $290 \times 190 \times 35$ milímetros, a qual alberga um peso líquido escorrido de 800g de produto, do tipo da embalagem apresentada na figura seguinte, de uma marca do mercado nacional.



(Figura 52 – Embalagem)

7.1.2 Paloxes

As caixas de camarão são acondicionadas em paloxes de PVC, do tipo da marca “Tecnibox” modelo “C400”, construídas em consonância com a normalização europeia, com as dimensões de 1200 x 1000 x 570 milímetros.

(Figura 53 – Paloxe)



As características desta paloxe apresentada pelo fabricante são:

“Dimensões: 1200 x 1000 x 570 mm

Peso: 26,70 Kg

Capacidade: 410 L

Características gerais: Lisos ou perfurados, podem ser vendidos com rodas, tampas, patas de apoio e travessões.

O seu sistema de armazenamento empilhável e encaixável permite a máxima segurança no empilhamento vertical.

As suas dimensões, estabelecidas de acordo com a normativa europeia, adaptam-se a quase todos os sistemas mecânicos de transporte e elevação.

Grande resistência à intempérie, às câmaras frigoríficas, às soluções ácidas e alcalinas, aos fungos, aos detergentes de lavagem, às bactérias.”

Das características apresentadas pelo fabricante da embalagem é de realçar:

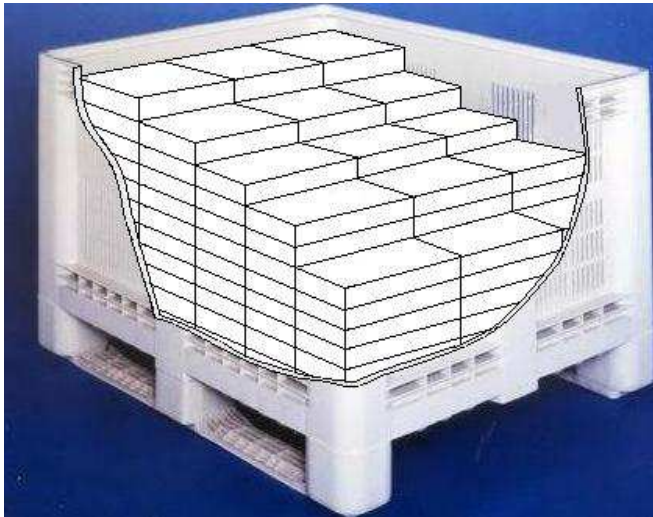
- ❑ A leveza da palote;
- ❑ A sua resistência mecânica;
- ❑ A segurança ao empilhamento vertical;
- ❑ Ser adequada à exposição a baixa temperatura;
- ❑ Resistente ao desenvolvimento de microrganismos.

Todas estas características fazem desta embalagem, o equipamento ideal para o transporte e acondicionamento das caixas de cartão, durante o tempo que são manuseadas e armazenadas no navio congelador, atendendo as vertentes e condicionantes que estão sujeitas em alto mar.

A distribuição das caixas paloxe é a apresentada na tabela e figura em anexo:

Distribuição das caixas de cartão por paloxe					
Dimensões (mm)	Paloxe		Caixa de cartão	Paloxe	
	Exteriores	Interiores	Exteriores	Distribuição	Total
Comprimento	1200	1100	290	3 Caixas	165 Caixas
Largura	1000	910	190	5 Caixas	
Altura	570	410	35	11 Caixas	

(Tabela 6 – Distribuição das caixas por paloxe)



(Figura 54 – Paloxe em carga)

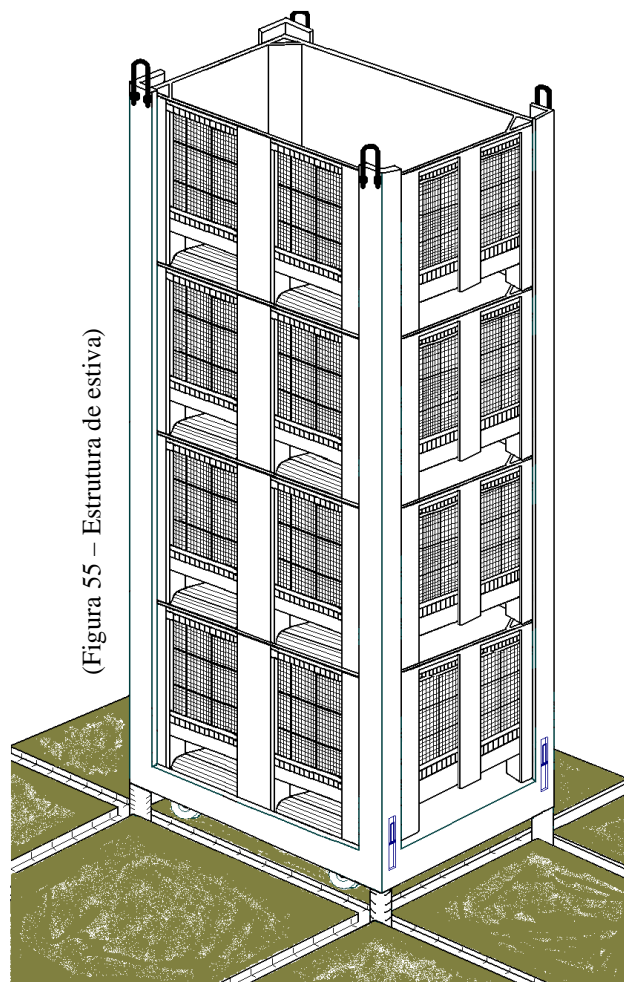
Carga transportada				
	Caixa	Paloxe	Unidade	
Nº de caixas	1	165	Un	
Peso	Líquido escorrido	0,8 (7,85)	132,0 (1 294,92)	Kgf (N)
	Embalado	-	140,25 (1 375,85)	
	Da embalagem	0,05 (0,49)	26,7 (261,93)	
	Total	0,85 (8,34)	166,95 (1 637,78)	

(Tabela 7 – Carga por paloxe)

7.1.3 Sistema de estiva de paloxes

Foi especialmente concebido para o navio congelador um sistema de estiva de paloxes. O sistema é formado por:

- Estrutura metálica, em aço inoxidável protegido contra a acção da salinidade, que irá acondicionar 4 paloxes empilhadas verticalmente.
- Uma rede de guias embutidas no solo do porão, em esquadria e devidamente alinhadas, onde os pés da estrutura encaixam.



(Figura 55 – Estrutura de estiva)

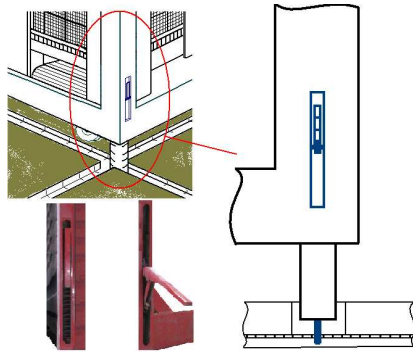
A estrutura tem como função:

- Impedir a movimentação das paloxes, quando estas estão armazenadas no porão frigorífico, nas condições mais adversas em mar alto;
- Facilitar as operações de carga e descarga;
- Optimizar os tempos de carga e descarga;

As guias embutidas no solo têm como objectivo:

- Guiar a estrutura até o seu lugar pré-destinado de armazenamento, contornando as dificuldades de movimentação da carga, devidas ao balanço da embarcação em alto mar, nomeadamente com mar agitado.
- Permitir o correcto posicionamento das paloxes, por parte dos marinheiros, de forma rápida e simples, evitando-se o desperdício de espaço.

(Figura 56 – Pormenor de fecho)



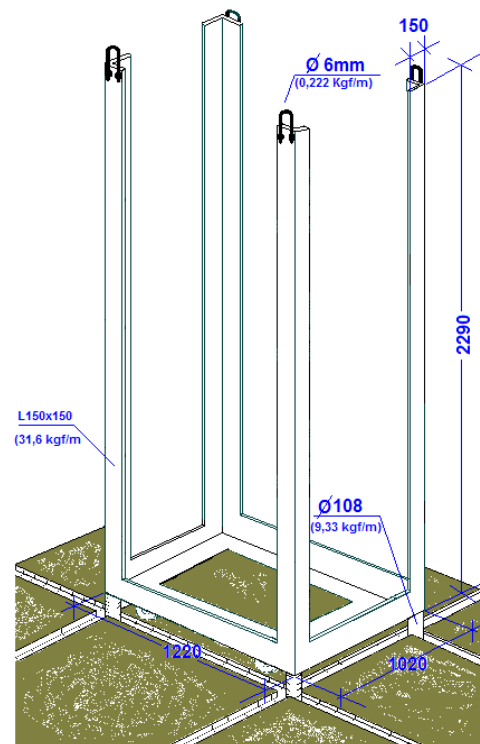
- Garantir o correcto posicionamento da carga, para a circulação do ar frio na câmara, fundamental para garantir a manutenção da temperatura dos crustáceos congelados.
- Evitar o deslocamento da carga, nas condições mais adversas de navegação em alto mar. O peso da carga, o conjunto dos pés da estrutura entalados nas guias e os fechos de posicionamento da carga, evitam a sua movimentação.

□ As guias possuem a acção secundária, de facilitar a canalizarem das águas de descongelação e condensação para o poço de esgoto.

As características principais da estrutura e respectiva carga são apresentadas na tabela em anexo:

(Tabela 8 – Elementos da estrutura)

Estrutura						Peso (Kgf)	
Tipo (mm)	Cantoneira 150x150x14	Massa por metro (Kg/m)	Comprimento (m)	2,29	4	289,46	
				1,22	2	77,10	
				1,0	2	64,46	
	Tubo Ø108	9,33	0,15	4	5,6		
Varão Ø6	0,22	0,3	4	0,27			
Peso próprio						436,89	
Paloxe					Quantidade	1	166,95
					4	667,8	
Carga máxima da estrutura						1 104,69	



(Figura 57 – Dimensões da estrutura de estiva)

7.2 Dimensionamento do porão

O volume do porão frigorífico já está pré-definido, uma vez que as dimensões da embarcação e o fim para que os espaços de destinam, já foram bem definidos pelo Engenheiro Naval e respectivo Construtor.

Ao Engenheiro Mecânico responsável pela área de frio cabe aproveitar os espaços existentes na embarcação colocados ao seu dispor, para implantar o circuito frigorífico da melhor forma, rentabilizando-os ao máximo. Nas instalações em terra, o frigorista parte da carga máxima dos produtos a armazenar e da densidade útil de armazenamento escolhida para projecto, para determinar a dimensão das instalações.

Numa embarcação, para além da carga máxima e da densidade útil desejada, o projectista está condicionado:

- ❑ Pelos custos elevados da construção naval;
- ❑ Pelas dimensões aconselháveis de navegabilidade do navio;
- ❑ Dimensão da tripulação pretendida;
- ❑ Dimensões da embarcação, condicionada às circunstâncias das barras e portos que o navio vai operar, etc.

Todas as condicionantes de um projecto deste tipo levaram o projectista da área do frio a ser restringido pelos espaços que dispõe, para implantar a instalação e em vez de ser ele a condicionar os espaços de acordo com a instalação que desejaria, terá que adaptar o projecto ao espaço disponibilizado.

Em suma, terá que adaptar o projecto às instalações e não pretender que as instalações se adaptem ao seu projecto.

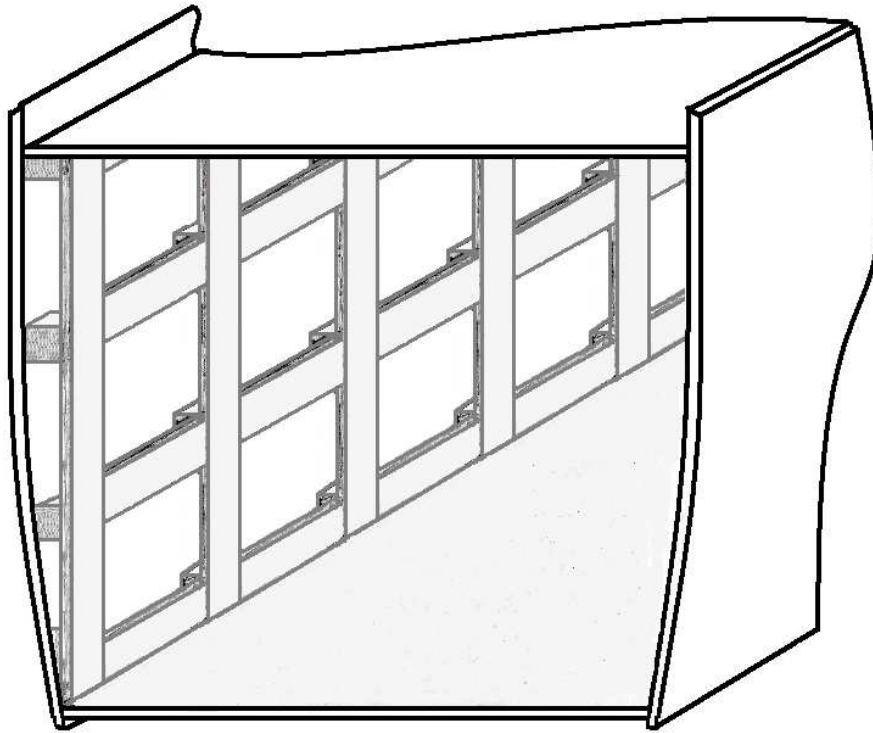
7.2.1 Opções de projecto

Na construção tradicional de um porão frigorífico, utilizam-se as paredes do casco do navio como paredes da câmara frigorífica, as quais são normalmente isoladas com poliuretano projectado. Esta solução visa eliminar as juntas dos isolamentos (ponto fraco da camada isolante) e desta forma garantir a continuidade da barreira de vapor, a qual terá que ter cuidados redobrados numa instalação deste tipo, por motivos óbvios.

A opção deste projecto não foi seguir o caminho generalista, correndo todos os riscos e aceitando a controvérsia que dessa decisão poderá advir. Procurou-se encontrar uma alternativa viável e mais vantajosa, dando resposta a algumas necessidades que marinheiros e pescadores foram apontando da utilização do dia-a-dia destes espaços, ao longo das várias conversas informais acerca das dificuldades, vantagens e desvantagens, que algumas opções de projecto acarretam, ao longo da vida útil do navio.

Optou-se por construir um caixão ou armação dentro do casco do navio, o qual irá servir de estrutura de suporte da câmara frigorífica, como a figura em anexo exemplifica. Com esta opção de projecto, ao demarcar-se de forma clara as paredes do porão frigorífico das paredes do casco do navio,

irá permitir a criação de uma câmara-de-ar entre o casco e as paredes da câmara frigorífica, que tem como vantagens:

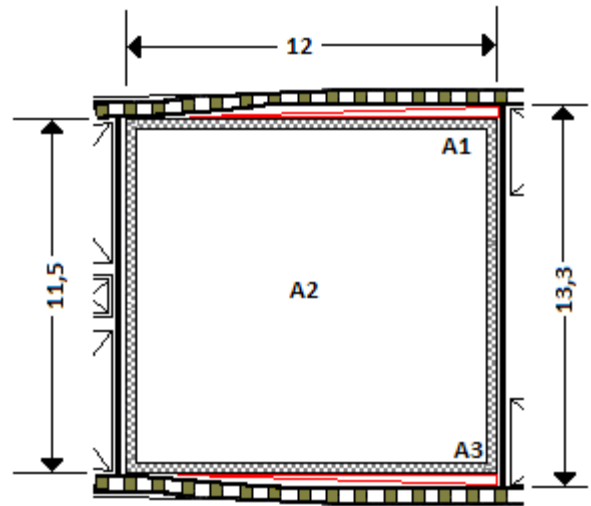


(Figura 58 – Armação do porão frigorífico)

- Permitir ter uma zona técnica de passagem de cabos e tubos, da proa para a popa do navio, sem interferir com o funcionamento da câmara;
- Garantir a verticalidade e o nivelamento das paredes, fundamentais para a aplicação do isolamento e garantir uma efectiva barreira de vapor;
- Em caso de extrema necessidade de manutenção permitir o acesso às paredes interiores do casco, por desmontagem parcial de um painel isolante, sem colocar todo o isolamento em causa;
- Permitir a substituição parcial de um painel isolante, que se tenha danificado devido à utilização do porão, de forma fácil e parcial sem colocar em perigo a linha de estanquicidade do isolamento do porão;
- O casco fica protegido da acção directa da carga e de qualquer eventual choque mecânico da mesma;
- A existência da caixa-de-ar contribui só por si, para o isolamento e resistência de transmissão de energia térmica pelas paredes do porão frigorífico;
- A câmara-de-ar contribui para evitar a condensação de vapor de água e formação de gelo, na parede “quente” da câmara;
- Qualquer imigração de água do oceano pelo casco não irá para o interior da câmara, mas será escoada pelo poço do porão;
- Deixa de haver limitação no tipo de isolante escolhido e na sua forma de aplicação;

7.2.2 Área do porão [A₂]

Num porão de um navio, as paredes não são rectas mas sim ovaladas, em concordância com a forma do casco do navio, no interior do qual se situa. A armação irá verticalizar as paredes da câmara e confinar a área útil do porão frigorífico à área rectangular A₂, ficando as áreas A₁ e A₃ reservadas para a zona técnica.



(Figura 59 – Planta do porão frigorífico)

A ₂	Área do porão				
Geometria (rectangular)	Altura	[H]	Comprimento	[L]	Área A ₂ = H x L
	11,5 [m]		12 [m]		138 [m ²]

(Tabela 9 – Área do porão)

7.2.3 Volume bruto do porão [V_{BP}]

O volume bruto do porão [V_{BP}] é calculado, pela multiplicação da área útil [A₂] do porão, pelo seu pé direito [H_P] ou altura do porão. O volume bruto do porão é dado por:

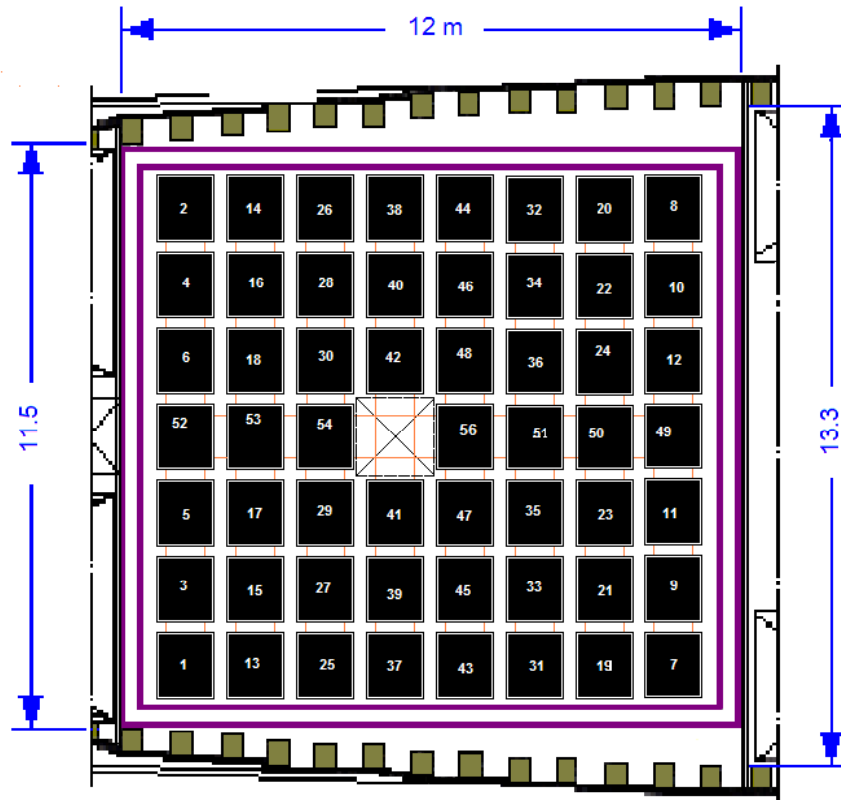
V _{BP}	Volume bruto do porão			
Área do porão	A ₂	Altura do porão	H _P	Volume bruto do porão V _{BP} = A ₂ x H _P
138 [m ²]		3,5 [m]		483 [m ³]

(Tabela 10 – Volume do porão)

7.2.4. Plano de estiva

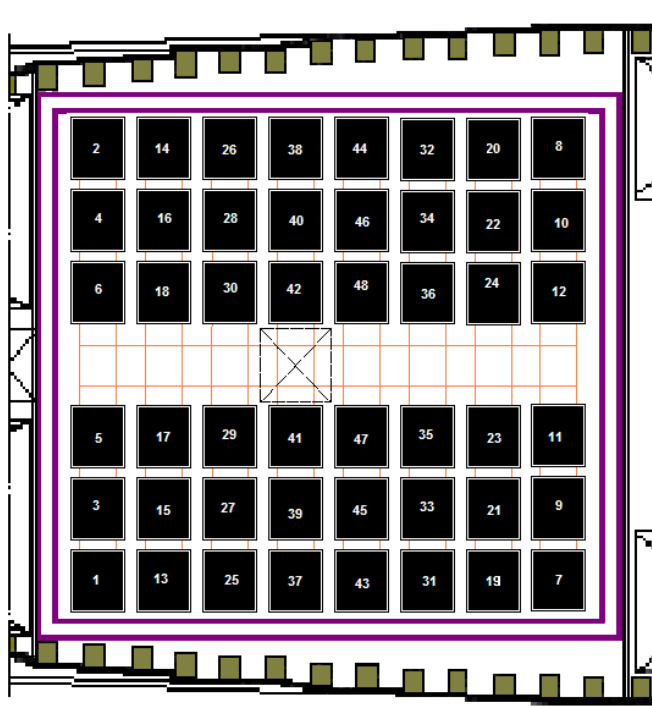
A estrutura metálica do sistema de estiva de paloxes, com a respectiva carga de 4 paloxes repletas de caixas de cartão de crustáceos, entra no porão frigorífico com ajuda do guincho de carga. Os marinheiros de apoio ao porão encaixam os pés da estrutura, nas guias de aço embutidas no pavimento e empurram o conjunto até o seu lugar pré-destinado.

A arrumação das paloxes é feita de acordo com o esquema da figura, de forma a garantir o melhor aproveitamento do espaço e a distância entre paloxes, para que a circulação de ar seja feita nas melhores condições. O esquema de carregamento indicado evita que a carga crie desequilíbrios na estabilidade do navio, salvaguardando situações de meia carga e de navegação adversa em alto mar.



(Figura 60 – Carga máxima do porão)

A figura representa a situação de carga máxima do porão frigorífico. Trata-se de uma situação de excepção, que apenas ocorre numa situação ocasional de captura extraordinária de grande quantidade de crustáceos e consequentemente, haja necessidade de aproveitar todo o espaço existente do porão.

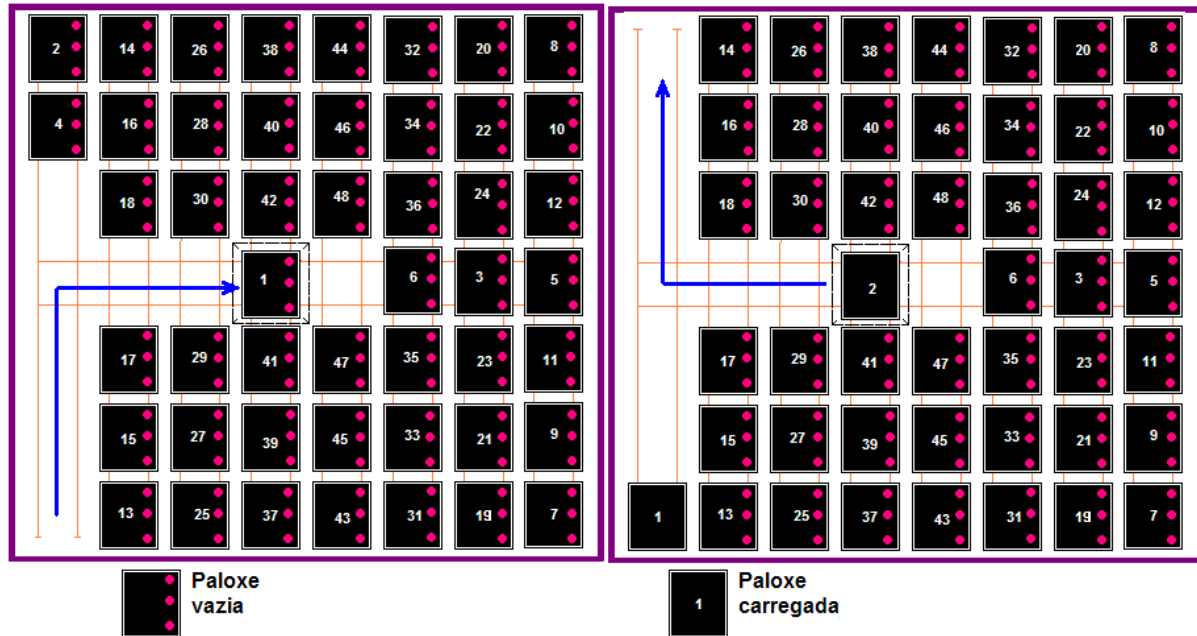


(Figura 61 – Carga normal do porão)

Em situações normais de captura, o corredor central não estará ocupado por paloxes e é utilizado para as operações de estiva.

As paloxes e as respectivas estruturas metálicas do sistema de estiva são armazenadas vazias no porão. O seu arrefecimento até à temperatura de funcionamento do porão é conseguido durante o arranque da instalação, que ocorre no percurso que a embarcação efectua desde a largada até ao banco de pesca.

Iniciada a captura e o processo laboral da embarcação, o porão é carregado de acordo com o esquema e forma indicados nas figuras em anexo. A estrutura nº 6, 5 e 3 são arrumadas no fundo do corredor central. A estrutura nº 1 é içada para a zona de carregamento das paloxes e é carregada. Segue-se a nº 4 e na mesma sequência, desce-se a nº 1 com a respectiva carga, procedendo-se à sua arrumação no seu lugar pré-destinado e assim sucessivamente, seguindo a ordem estipulada.



(Figura 62 – Esquema de estiva)

7.2.5 Volume útil do porão [V_{UP}]

O volume útil do porão [V_{UP}] frigorífico é o volume do porão que é ocupado pelo produto congelado, ou seja, pela soma do volume do conjunto paloxes, na situação de carga máxima do porão. Este volume pode ser obtido do volume bruto do porão [V_{BP}], retirando-se os volumes:

- ❑ Necessários à circulação de ar;
- ❑ Reservados à estiva;
- ❑ Ocupado pela estrutura das paloxes;
- ❑ Da estrutura metálica do sistema de estiva.

Outra forma de o calcular, será em função da carga máxima de produto a armazenar e da sua densidade útil de armazenagem, expressa em kg de carga exacta de produto, por m^3 útil de carga estivada em paloxes.

(Tabela 11 – Volume útil do porão)

Volume útil do porão [V_{UP}]							
Estrutura de estiva				Paloxes			Porão
Quantidade	Qt_1	Capacidade	C	Total $Qt_2 = Qt_1 \times C$	Volume útil	V_{UPL}	Volume útil $V_{UP} = Qt_2 \times V_{UPL}$
55 [un]		4 [Paloxes]		220 [un]	0.41 [m^3]		90.2 [m^3]

7.2.6 Cálculo da carga máxima do porão

A carga máxima é obtida pela multiplicação da quantidade total de paloxes armazenadas no porão frigorífico, pela respectiva capacidade de cada paloxe de armazenamento de massa.

Carga máxima do porão					
Paloxes				Carga = $Q_t \times C$	
Quantidade	Q_t	Capacidade	C		
220 [un]		132 [Kg]		29 040 [Kg]	29,04 [ton]

(Tabela 12 – Carga máxima do porão)

7.2.7 Cálculo da densidade útil de armazenagem

A densidade útil de armazenagem do produto é expressa em Kg de carga máxima de massa exacta de produto, por m^3 de volume útil do porão frigorífico.

Densidade útil de armazenagem					
Paloxes				Densidade = M / V_{UP}	
Carga	M	Volume útil	V_{UP}		
29 040 [Kg]		90.2 [m^3]		321,95 [Kg]	

(Tabela 13 – Densidade do porão)

A densidade calculada, está dentro das densidades recomendadas e tabeladas nos livros da especialidade, que para este tipo de produto estão entre os 300 a 400 [Kg/m^3].

7.2.8 Tabela geral de dados

O resumo dos valores determinados são apresentados na tabela que se segue:

Produto				Processo de conservação	
Crustáceos				Ultra Congelado	
Caixas de cartão					
Dimensões exteriores			[mm]	Massa	[Kg]
Comprimento	Largura	Altura		Líquido escorrido	Total
290	190	35		0,8	850

(Tabela 14 – Tabela Geral)

Paloxes									
Dimensões	[mm]	Exteriores	Interiores	Nº de caixas			[un]		
Comprimento		1200	1100	5		Total	165		
Largura		1000	910	3					
Altura		570	410	11					
Massa			[Kg]	Volume útil	[m ³]	Densidade de armazenagem	[Kg /m ³]		
Líquida escorrida		Total		0.41		321,95			
132		158,7							
Estrutura de estiva									
Dimensões	[mm]	Exteriores	Interiores	Nº de paloxes	[un]	Volume útil	[m ³]		
Comprimento		1320	1220	4		1,64			
Largura		1120	1020	Massa			[Kg]		
				Líquida escorrida		Total			
Altura		2528	2280	528		1151			
Porão									
Dimensões	[m]	Interiores	Área	[m ²]	Nº de paloxes	[un]	Volume	[m ³]	
Comprimento		12	138		220		Bruto	483	
Largura		11,9	Massa	[Kg]	Nº de estruturas de estiva	[un]			
Altura		3,5	29 040		55		Útil	90,2	

(Tabela 14 – Tabela Geral)

7.3 Temperaturas exteriores de projecto

As temperaturas de projecto adoptadas e apresentadas na tabela que se segue, são as recomendadas pela “Fishing Boat Association of Japan”, que possui uma vasta experiência neste campo e representa uma das maiores potências mundiais de pescas.

O arrastão irá operar nas águas Nacionais e Europeias, mas também irá fazer campanhas em águas de Moçambique. Serão consideradas para temperaturas de projecto, as temperaturas tropicais por estas serem as mais severas.

Temperaturas exteriores standards em diferentes áreas do oceano			° C
	Trópicos	Oceano do Norte (Verão)	Águas costeiras (Verão)
Temperatura de ar livre	35	20	32
Humidade de ar livre	70 %	80 %	70 %
Temperatura da água do oceano	32	15	28
Temperatura da superfície do convés superior	60	40	55
Temperatura da superfície do convés interior	50	30	45
Temperatura da casa das máquinas	45	30	42
Temperatura dos porões a granel	40	25	37
Temperatura do casco duplo	32	15	28
Temperatura das camaratas	30	20	32
Temperatura do compartimento de apetrechos	40	25	38

(Tabela 15 – Tabela de temperaturas)

As superfícies exteriores do porão estão expostas a diferentes ambientes e temperaturas:

- Os topos, tanto da proa como da popa, estão ladeados pela casa das máquinas principal e do leme respectivamente. Será considerada uma temperatura de projecto de 45°C [T_{1e}].
- As paredes exteriores laterais estão semi-submersas, isto é, uma parte estará em contacto com a água do oceano à temperatura de projecto de 32°C e outra exposta ao ar com uma temperatura de projecto de 35°C e humidade relativa de 70%. Iremos considerar a situação mais gravosa, para o cálculo da espessura do isolamento e perdas de energia, considerando a temperatura do ar 35°C [T_{2e}] como temperatura de projecto para esta zona.
- Para o pavimento será considerada a temperatura do mar ou do casco duplo, isto é 32°C. O tecto não está sujeito à incidência directa dos raios solares, pois está protegido pelo convés superior que provoca o efeito de ecrã. Será considerada a temperatura tabelada de 50 °C do convés interior, para temperatura de projecto.

7.4 Balanço térmico do porão frigorífico

O balanço térmico do porão frigorífico consiste em determinar a carga total, em jogo num determinado espaço, quantificando a energia térmica que é necessária retirar do porão, para que este atinja e mantenha a temperatura desejada de funcionamento.

Aplicando o conceito de *volume de controlo*, ao volume de ar que está confinado ao porão, teremos um sistema aberto, cujas *superfícies de controlo* são atravessadas por fluxos de energia térmica, com origem nas seguintes causas:

- **[Q₁]** Energia térmica que penetra no volume de controlo, através das superfícies que o enquadram (paredes laterais, tecto e pavimento do porão).
- **[Q₂]** Energia térmica transportada pela massa de ar, oriunda do meio exterior e que penetra no sistema (através das juntas das portas e estiva do produto).
- **[Q₃]** Energia térmica armazenada na massa do produto a armazenar (crustáceos) e respectivas embalagens, que entra no sistema vindo do meio exterior.
- **[Q₄]** Energia térmica introduzida no sistema, proveniente de fontes de calor diversas (pessoas; luzes; ventiladores; etc.).

São estes fluxos energéticos que importa mesurar e controlar, de forma a apresentarem valores que possibilitem a relação custo versus benefício ser economicamente sustentável e ajustada para o fim a que se destina.

O balanço térmico será feito para um período tempo de 24 horas (perdas diárias), ajustando-se depois os cálculos da energia (trabalho) ou potência que é necessário repor para compensar as perdas, ao tempo real de funcionamento da instalação.

7.4.1 **[Q₁]** Transferência de energia pela envolvente

Pelas paredes, tecto e pavimento do porão, transfere-se energia térmica por condução do exterior para o interior, devido ao gradiente de temperatura que existe entre estes dois meios.

[Q₁]	Perdas diárias através das paredes do porão frigorífico		
λ	Coeficiente de condução térmica ou Condutividade térmica	---	[W/°C. m]
e	Espessura do isolamento	---	[m]
K	Coeficiente global de transmissão térmica	$K = \lambda / e$	[W/°C. m ²]
$\Delta\theta$	Gradiente de temperatura	$\Delta\theta = \theta_{\text{exterior}} - \theta_{\text{interior}}$	[°C]
ϕ	Fluxo térmico unitário	$\phi = K \times \Delta\theta$	[W/m ²]
A_T	Área total da envolvente	$A_T = \text{Área do pavimento} + \text{Área do tecto} + \text{Área das paredes laterais (bombordo e a estibordo)} + \text{Área dos topos (proa e popa)}$	[m ²]
Q_1	Perdas diárias pela envolvente	$Q_1 = A_T \times K \times \Delta\theta \times 24$ $\Leftrightarrow Q_1 = A_T \times \phi \times 24$	[W]

(Tabela 16 – Perdas através das paredes)

A quantidade de energia transferida depende dos seguintes factores:

- Área exterior total de transferência de calor do porão.
- Isolamento térmico empregue no porão.
- Gradiente de temperatura entre o exterior e interior do porão.

A transferência de energia térmica através da envolvente do porão é directamente proporcional ao total da área exterior, ao gradiente de temperatura entre o meio exterior e interior e inversamente proporcional à espessura do isolamento utilizado no porão.

Este ganho de energia térmica reveste-se sobre o ponto de vista do sistema frigorífico, de uma perda de energia, já que tal ganho de energia na carga térmica do porão, significa um aumento da potência frigorífica a fornecer ao sistema, para compensar tais ganhos e manter a temperatura desejada.

7.4.1.1 Área total exterior do porão [A_T]

A área total exterior do porão é formada pela soma da área do pavimento, tecto, paredes laterais, do topo da proa e da popa.

[A_T]	Área total exterior do porão frigorífico				
	Localização	Largura	Comprimento	Altura	Área
A_1	Tecto	12 [m]	11,5 [m]	--	138 [m ²]
A_2	Pavimento	12 [m]	11,5 [m]	--	138[m ²]
A_3	Parede a bombordo	11,5 [m]	--	3,5 [m]	40,25[m ²]
A_4	Parede a estibordo	11,5 [m]	--	3,5 [m]	40,25[m ²]
A_5	Topo da proa	--	12 [m]	3,5 [m]	42[m ²]
A_6	Topo da popa	--	12 [m]	3,5 [m]	42[m ²]
[A_T]	Área total	$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6$			440,5[m ²]

(Tabela 17 – Área total do porão)

7.4.1.2 Fluxo térmico unitário de projecto [φ]

O organismo “F.A.O. – Food and Agriculture Organization” das Nações Unidas, recomenda na sua publicação “Concepção e Exploração de Entrepósitos Frigoríficos”, que seja adoptado para as câmaras frigoríficas um fluxo térmico unitário diário máximo de:

(Tabela 18 – Fluxo térmico)

[φ]	Fluxo térmico unitário máximo diário	
Refrigerados	35 KJ/(h.m ²)	9,73 [W/m ²]
Congelados	25 a 30 KJ/(h.m ²)	6,95 a 8,34 [W/m ²]

As perdas por unidade de área da envolvente não deverão exceder por dia estes valores, que têm em “conta considerações económicas (investimento e custo de energia), conduzindo ao preço de amortização mínimo da exploração”. A relação benefício versus custo, deverá estar sempre presente na mente de quem projecta. Os isolamentos são onerosos e roubam espaço ao porão, pelo que as vantagens que acarretam de poupança de energia deverão ser ponderadas com as dos custos de construção, para que o custo da amortização da exploração seja mínimo.

Adoptou-se para o projecto, um fluxo térmico unitário diário máximo de **25 KJ/(h.m²)**.

7.4.1.3 [Q₁] Cálculo das perdas pela fronteira do porão

Usando o valor do fluxo térmico unitário e da área total do porão, a energia que imigra diariamente através da fronteira do porão, que corresponde às perdas diárias de energia através das superfícies do porão, será:

(Tabela 19 – Perdas diárias pelas paredes)

[Q ₁]	Perdas diárias através das paredes do porão frigorífico			
Fluxo unitário	[φ]	Área total da envolvente	[A _T]	$Q_1 = A_T \times \varphi \times 24$
25 KJ/(h.m ²)		440,5[m ²]		264 300 [KJ/24h]

7.4.2 [Q₂] Energia térmica transportada pelo caudal de ar exterior

O alçapão de acesso ao porão frigorífico possui juntas de retenção, que minimizam o caudal de ar exterior que imigra para o interior do porão, quando este está encerrado. No entanto, a simples existência de superfícies com descontinuidade, como são as juntas de abertura da entrada do porão frigorífico, acarreta quer queiramos quer não, alguma entrada de ar exterior e a conseqüente perda de energia. Com uma expressão ainda mais lata na contribuição para as perdas de energia, por infiltração de ar quente, estão as infiltrações de ar exterior, devidas às operações de carga do porão em alto mar, conseqüência da actividade laboral do navio.

Estas perdas não deverão ser subestimadas, apesar de ser difícil quantificá-las de forma exacta e de não haver unanimidade entre os especialistas da matéria, os quais sugerem diferentes formas de as calcular. Alguns recomendam que sejam calculadas com base numa percentagem das perdas calculadas para as paredes e com o tipo de câmara e utilização; outros possuem coeficientes empíricos tabelados de acordo com o volume da câmara, nº estimado de abertura das portas e ganho de energia por m³ da atmosfera da câmara; etc.

Optou-se mais uma vez, por seguir as orientações dadas pela “F.A.O. – Food and Agriculture Organization”. Este organismo que reúne as opiniões dos vários colégios internacionais de

especialistas na matéria, recomenda “uma renovação diária igual ou superior a dez vezes o volume da câmara vazia”, estimando por cada metro cúbico de ar renovado, uma energia térmica de 2 KJ/(m³.°C).

O porão frigorífico apenas possui uma abertura no tecto, para acesso dos marinheiros, carga e descarga dos crustáceos. Tal facto joga a favor da diminuição das perdas de energia, uma vez que o ar com maior energia (mais quente) e menos denso, tenderá a acumular-se junto do tecto e é este ar que se perde pelas juntas do acesso ao porão. Por outro lado os evaporadores dinâmicos estão situados no tecto, provocando o efeito de cortina de ar junto da abertura do porão, barrando as trocas de ar entre o interior e exterior do porão e as trocas energéticas entre estes dois meios.

[Q ₂]	Perdas diárias devidas à entrada de ar exterior			
Renovações diárias	[n]	10	[V _{BP}]	$Q_2 = n \times V_{BP} \times e_x (T_e - T_i)$ 627 900 [KJ/24h]
Volume bruto do porão	[V _{BP}]	483	[m ³]	
Energia unitária	[e]	2	KJ/(m ³ .°C)	
Temperatura exterior	θ _e	35	°C	
Temperatura interior	θ _i	-30	°C	

(Tabela 20 – Perdas diárias devidas ao ar exterior)

7.4.3 [Q₃] Energia térmica armazenada na massa do produto e embalagens

O pescado e respectivas embalagens (caixa de cartão, paloxe e estrutura do sistema de estiva) ao serem introduzidos no porão, contribuem para o aumento da carga térmica, caso a temperatura destes elementos, seja superior à do meio ambiente do porão frigorífico. O contributo destes elementos para a carga térmica do porão é díspar e é feito do seguinte modo:

- ❑ **Produto** (crustáceos) - O produto entra no porão à temperatura de – 22 °C, obtida no congelamento rápido feito pelo congelador de placas horizontais. No porão é arrefecido desde os –22 °C até os –30 °C.
- ❑ **Caixas de cartão** – As caixas de cartão usadas no embalamento do produto estão à temperatura ambiente (+35 °C). Ao serem introduzidas no porão, o sistema frigorífico terá que absorver esta carga térmica desde a temperatura de +35 °C até os –30 °C.
- ❑ **Paloxes e estrutura de estiva de paloxes** – Estes dois elementos são armazenados vazios no porão frigorífico e arrefecidos na fase de arranque da instalação, que decorre no cais de abrigo e no percurso até aos bancos de pesca. Teoricamente não contribuem para o aumento da carga térmica do porão, no entanto ao serem retirados do porão para um ambiente de +35 °C, sofrem um aquecimento e irão introduzir alguma carga térmica ao reentrarem no porão. Optou-se por considerar que as operações de estiva provocam um aumento de +5° C nas paloxes (PVC) e +15 °C nas estruturas (metal).

Existem 28 paloxes e 7 estruturas de estiva guardadas no armazém de apetrechos para uma situação de emergência, de carga completa do porão. Neste caso, a carga térmica por eles introduzida é maior. Tratando-se de uma situação de excepção, ocasional e de rara ocorrência, foi desprezado o seu contributo.

(Tabela 21 – Perdas diárias devidas à entrada de produto)

Perdas diárias devidas ao arrefecimento do produto e embalagens					
[Q₃]					
(20 % da capacidade máxima do porão)					
Capacidade máxima do porão			Captura de ponta (20 % da carga máxima)		
29 040 [Kg]			5 808 [Kg]		
Designação		Caixa de cartão	Paloxe	Estrutura	Produto
Capacidade		0,8 [Kg]	165 [Caixas]	4 [Paloxes]	--
Massa própria da Embalagem		0,05 [Kg]	26,7 [Kg]	436,9 [Kg]	--
$Q_3 = M \times C_p \times (\theta_e - \theta_i)$		Q_{3a}	Q_{3b}	Q_{3c}	Q_{3d}
Massa [Kg]	M	(7 260 Caixas)	(44 Paloxes)	(11 Estruturas)	5 808 [Kg]
(20 % da carga máxima)		363	1 174,8	4 850,9	
Calor específico [KJ/(Kg.°C)]	Cp	1,465	1,675	0,43	1,8837
Temperatura [°C]	Exterior	θ_e	35	-25	-15
	Interior	θ_i	-30		
Q₃ = Q_{3a} + Q_{3b} + Q_{3c} + Q_{3d}		34 566,67	9 838,95	30 998,05	87 524,24
[KJ/24h]		162 927,91			

É usual, em cálculos em frio industrial, estimar a quantidade de produto que entra diariamente na câmara, em 10% da capacidade máxima. Atendendo à tendência crescente da diminuição do número de espécimes nos bancos de pesca, este valor será suficiente e espectável numa situação de captura normal.

No entanto, um arrastão congelador depende muito do acaso, na captura do seu espécime alvo. Por mais experiente que seja o mestre e tenha ao seu dispor tecnologia de ponta de detecção dos bancos de pesca, a sua localização e existência será sempre uma equação indeterminada, que depende de factores tão arbitrários como a sorte, as condições climáticas, barcos concorrentes, reprodução sazonal dos espécimes, etc. Quando a embarcação parte para o alto mar é sem garantia de sucesso, alternando entre dias sem capturas, dias com capturas medianas e outros com capturas de grande volume. A instalação frigorífica deverá estar dimensionada para responder a todas as situações de laboração da embarcação.

Com o objectivo de evitar forçar os elementos do circuito frigorífico e em especial o compressor, optou-se por estimar a quantidade de produto que entra diariamente na câmara em 20% da capacidade máxima do porão, em situação de captura de ponta.

7.4.4 [Q₄] Energia térmica proveniente de fontes de calor diversas

Nas fontes de calor diversas estão incluídas o calor radiado pelos marinheiros derivado da sua actividade física dentro do porão, o calor emitido pelas lâmpadas de iluminação e motores dos ventiladores do evaporador.

A “F.A.O. – Food and Agriculture Organization” e vários especialistas na matéria recomendam que estas perdas sejam incluídas num coeficiente de 20%, em relação à soma das perdas pelas paredes e infiltrações de ar. Esses 20% englobam também as perdas devidas à respiração de seres vivos, como é o caso das frutas e legumes. No caso em estudo, onde as perdas por respiração do produto armazenado não se colocam, este valor poderá pecar por exagero, optando-se por se calcular cada um dos itens separadamente.

7.4.4.1 [Q_{4a}] Energia térmica proveniente dos seres humanos

Os pescadores que trabalham dentro do porão, na actividade de arrumação dos pórticos das palotes, libertam para o meio ambiente energia térmica, que terá como consequência aquecer o meio ambiente do porão. A energia libertada pelas pessoas para o meio em que estão inseridas será tanto maior quanto maior for o gradiente de temperatura entre o corpo e a atmosfera envolvente. É obvio que outros factores terão influência neste balanço, como sejam o metabolismo singular de cada ser humano, a humidade relativa do meio, a roupa (isolamento) que cada um enverga, o tipo de actividade, esforço exercido, etc.

Atendendo à temperatura do porão e ao trabalho pesado a que os marinheiros estão sujeitos, analisando os vários valores tabelados de literatura a este respeito, considerou-se que cada marinheiro na sua actividade dentro do porão liberta 0,4234 kJ/s (365 kcal/h) e considera-se que o tempo total de permanência dentro do porão não ultrapassa as 2 horas.

[Q _{4a}]	Perdas diárias devidas ao calor emitido pelos seres humanos			
n ₁	Nº de marinheiros	3	[un]	$Q_{4a} = n_1 \times P_1 \times t_a$ 9 167,34 [KJ/24h]
P ₁	Energia libertada pelo metabolismo humano	1527,89	[kJ/h]	
t ₁	Tempo total de permanência dentro do porão	2	[h]	

(Tabela 22 – Perdas diárias devidas à estiva)

7.4.4.2 [Q_{4b}] Energia térmica proveniente da iluminação

A iluminação do porão é feita por 9 lâmpadas economizadoras de 20W (equivalente a uma lâmpada incandescente de 100W), embutidas em armadura estanque, do tipo “olho de boi”. O tempo de funcionamento de 2 horas, corresponde ao tempo de permanência dos marinheiros no porão.

[Q _{4b}]	Perdas diárias devidas à iluminação			
n ₂	Nº de Lâmpadas	9	[un]	Q_{4b} = n₂ x P₂ x t₂ 1 296 [KJ/24h]
P ₂	Potência de cada lâmpada	72 (20W)	[kJ/h]	
t ₂	Tempo funcionamento	2	[h]	

(Tabela 23 – Perdas diárias devidas à iluminação)

7.4.4.3 [Q_{4T}] Energia térmica total das fontes diversas

A carga térmica total das fontes de calor diversas será a soma das suas parcelas:

[Q ₄]	Perdas totais diárias de fontes diversas	[KJ/24h]
Q _{4a}	Calor emitido pelos seres humanos durante a estiva	9 167,34
Q _{4b}	Iluminação	1 296
[Q ₄]	Q₄ = Q_{4a} + Q_{4b}	10 463,34

(Tabela 24 – Perdas diárias devidas à fontes diversas)

7.4.5 [Q_T] Carga total diária

A energia térmica que diariamente deverá ser removida do porão frigorífico para se manter a temperatura de projecto (-30 °C) no seu interior, é fornada pela soma das várias cargas calculadas nos itens anteriores, o que perfaz:

	Perdas totais diárias	[KJ/24h]
[Q ₁]	Perdas diárias através das paredes do porão frigorífico	264 300,00
[Q ₂]	Perdas diárias devidas à entrada de ar exterior	627 900,00
[Q ₃]	Perdas diárias devidas ao arrefecimento do produto e embalagens	162 927,91
[Q ₄]	Perdas totais diárias de fontes diversas	10 463,34
[Q _T]	Q_T = ∑_{J=1}⁴ Q_J = Q₁ + Q₂ + Q₃ + Q₄	1 065 591,25

(Tabela 25 – Perdas totais diárias)

7.4.6 [Q] Carga térmica horária total

O compressor não pode trabalhar ininterruptamente 24 horas sobre 24 horas, necessitando de efectuar paragens oportunas para arrefecimento. O evaporador terá que ter períodos de degelo, estimados em 4 descongelações diárias de 15 minutos, efectuados pelas resistências de descongelação, que impedem que se forme uma camada de gelo isolante no evaporador.

Para que a instalação frigorífica respeite estes períodos de pausa, o período de funcionamento do compressor não deve ultrapassar as 20 horas diárias. Optou-se por um funcionamento de **18 horas diárias** da instalação, de forma a dispor de uma reserva de potência para fazer face a alguma sobrecarga da carga térmica, anomalia de funcionamento, desgaste do equipamento ou eventual degradação do isolamento.

O compressor deverá ter capacidade, para processar a carga térmica total das perdas diárias do porão frigorífico num período de 18 horas, acrescidas de um coeficiente de segurança de 50%, valor que está dentro dos valores de segurança recomendados para embarcações que variam entre os 50% e os 70%. Obtemos assim a carga térmica horária total:

[Q]	Carga térmica horária total		
$\sum_{j=1}^4 Q_j$	Perdas totais diárias	1 065 591,25 [KJ/24h]	$Q = [(\sum_{j=1}^4 Q_j) \times Cs] / T_f$ 88 799,27 [KJ/h] ou 24,67 [KW]
Cs	Coeficiente de segurança	1,5 (50%)	
T _f	Tempo diário de funcionamento	18 [h]	

7.5 Seleção do evaporador

Estamos agora em condições de consultar um catálogo técnico de construtores de evaporadores e escolher o modelo que satisfaça as condições de potência, fluido frigorígeno, espaço e posição de colocação do evaporador.

Optou-se por um construtor nacional sediado em Castelo Branco, a “Centaurus Internacional – Trocadores de Calor, Lda.”, o que não inviabiliza a opção por outra marca, desde que sejam satisfeitos os requisitos de projecto. Utilizando o programa “CproSelect” de selecção dos equipamentos fabricados por esta marca, introduzimos os dados de selecção de equipamento:

- ❑ Temperatura da câmara: -30 °C
- ❑ Fluido frigorígeno: R404A
- ❑ Potência frigorífica requerida: 12,34 KW (24,67/2 KW)

Obtemos vários equipamentos dos quais seleccionámos o evaporador de tecto “DD 7114”, por ser o que melhor se adequa às condições de projecto.

(Figura 63 – Dados do evaporados)

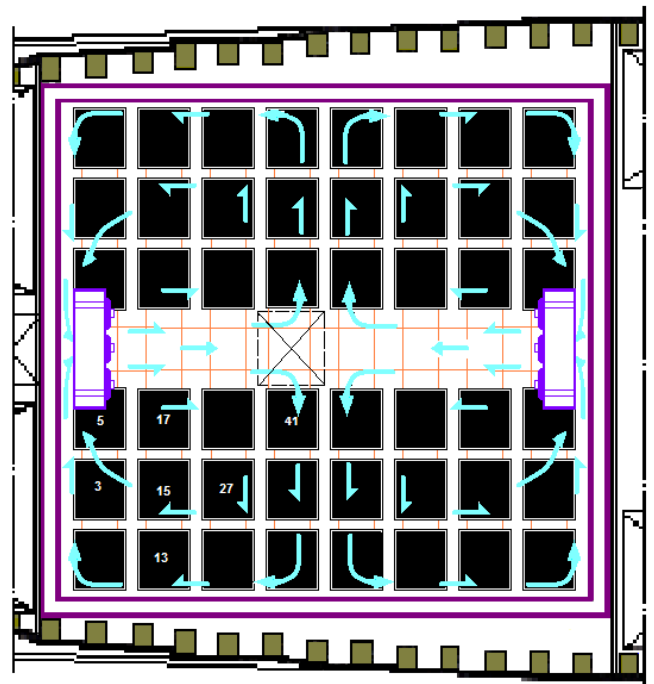
Potência Nominal [kW]*	26,62		Potência Absorvida [W]	2250
Potência Corrigida [kW]	15,01		Projeção [m]	22
Delta T	4,93		Volume Interno [dm³]	39,94
Superfície [m²]	118,3		Vent. Corrente [A]	4,5
Nº. de Ventiladores	3		Vent. RPM [rpm]	n/a
Ø dos ventiladores [mm]	500		Vent. Alim. [V]	3~400
Caudal [m³/h]	17000		Desc. Corrente [A]	1x25.98
Espaçamento [mm]	7		Desc. Potencia [kW]	18
			Desc. Alim. [V]	3~400

Cobre (DX-R404A) Potência 12,34 kW +/- 25 % -36 °C TC -30 °C

Na procura de uma melhor distribuição do ar pelo porão frigorífico e melhoria do efeito de cortina de ar junto à abertura do porão, optou-se pela colocação de 2 evaporadores com capacidade unitária para absorver metade da carga térmica calculada para o porão.

As paloxes são armazenadas perpendicularmente ao fluxo do ar projectado pelos ventiladores e as primeiras filas preenchidas são as mais próximas dos evaporadores. A opção por dois evaporadores tem ainda a vantagem de se poder fazer o degelo das baterias de forma desencontrada e em situações de fracas capturas ou de anomalia, ter apenas um evaporador em funcionamento.

A desvantagem é o aumento do custo inicial da instalação, que poderá ser compensado com a diminuição do custo energético da exploração.



(Figura 64 – Esquema da circulação do ar)

7.6 Balanco térmico corrigido

O funcionamento do evaporador induz cargas térmicas ao porão, intrínsecas ao seu funcionamento (grupo motoventilador e resistências eléctricas de degelo das baterias), que não deverão ser desprezadas no balanço energético do porão.

7.6.1 [Q_{5a}] Energia térmica proveniente do motoventilador

A potência consumida pelo motor de accionamento dos ventiladores irá ser consumida na impulsão do ar da câmara, nas forças de atrito que se geram entre as partes móveis da máquina e no atrito entre as pás do ventilador e o ar. A energia que é transferida ao ar (energia cinética) é dissipada no atrito que se gera entre as camadas de ar e as colisões do ar, com as paredes do porão e produto armazenado. Toda a potência consumida pelo motoventilador é transformada em última instância em calor, que fica retido no porão e que terá que ser removido.

[Q _{5a}]	Perdas diárias devidas ao motoventilador			
n ₃	Nº de ventiladores	6	[un]	Q_{5a} = n₃ x P₃ x t₃ 291 600 [KJ/24h]
P ₃	Potência de cada motor	2 700 (750 W)	[kJ/h]	
t ₃	Tempo funcionamento	18	[h]	

(Tabela 27 – Perdas do motoventilador)

7.6.2 [Q_{5b}] Energia térmica proveniente das resistências

A energia libertada pelas resistências de degelo é absorvida pelo ar da câmara e pela água, na transformação do seu estado físico de sólido para líquido. Apesar de parte dessa energia sair do nosso volume de controlo (porão), através da água líquida que sai pelo sistema de drenagem, por simplificação de cálculo, considera-se que é absorvida na totalidade pelo porão.

[Q _{5b}]	Perdas diárias devidas às resistências de descongelação			
N ₄	Nº de grupo de resistências	2	[un]	Q_{5b} = n₄ x P₄ x t₄ 129 600[KJ/24h]
P ₄	Potência de cada grupo de resistências	64 800 (18 KW)	[kJ/h]	
T ₄	Tempo funcionamento	1	[h]	

(Tabela 28 – Perdas das resistências)

7.6.3 [Q₅] Energia proveniente do funcionamento do evaporador

As cargas diárias introduzidas no porão devidas ao funcionamento do motoventilador e das resistências eléctricas, são apresentadas no próximo quadro:

(Tabela 29 – Perdas do evaporador)

[Q ₅]	Perdas diárias provenientes do funcionamento do evaporador	[KJ/24h]
Q _{5a}	Perdas diárias devidas ao motoventilador	291 600
Q _{5b}	Perdas diárias devidas às resistências de descongelação	129 600
[Q ₅]	Q₅ = Q_{5a} + Q_{5b}	421 200

Por se entender que estas cargas são exactas, não faz sentido aplicar sobre elas o coeficiente de segurança de 50%, considerado anteriormente para as restantes cargas térmicas do porão.

7.6.5 [Q*] Carga térmica horária total corrigida

Contabilizando as cargas induzidas pelos evaporadores dinâmicos, o compressor terá que ter capacidade:

(Tabela 30 – Carga térmica corrigida)

[Q*]	Carga térmica horária total corrigida		
$\sum_{j=1}^4 Q_j$	Perdas totais diárias [KJ/24h]	1 065 591,25	$Q^* = [(\sum_{j=1}^4 Q_j) \times C_s + Q_5] / T_f$ 112 199,27 [KJ/h] ou 31,17 [KW]
Q_5	Perdas do evaporador [KJ/24h]	421 200	
C_s	Coeficiente de segurança	1,5 (50%)	
T_f	Tempo diário de funcionamento	18 [h]	

Dividindo esta potência por dois evaporadores, obtemos 15,58 KW por evaporador, o evaporador dinâmico escolhido está dentro dos valores requeridos pela instalação, confirmando-se como uma escolha válida.

7.7 Isolamento do porão frigorífico

7.7.1 [K] Coeficiente de transmissão de energia térmica da envolvente do porão

O coeficiente de transmissão de energia térmica [K] depende do material isolante aplicado e da sua espessura. A figura seguinte apresenta os coeficientes de transmissão de alguns dos materiais mais usados na indústria para diferentes espessuras do isolamento:

Coeficiente de transmissão de energia térmica [K]							
Espessura (mm)	50	75	100	125	150	200	[W/(m ² . °C)]
Aglomerado negro de cortiça	0,835	0,766	0,580	0,476	0,383	0,290	
Fibra de vidro	0,812	0,603	0,406	0,360	0,313	0,209	
Lã mineral	0,719	0,545	0,360	0,313	0,267	0,186	
Poliestireno	0,757	0,568	0,383	0,336	0,290	0,197	
Poliuretano	0,626	0,383	0,313	0,244	0,209	0,151	

(Tabela 31 – Coeficientes de transmissão dos principais isolantes)

Os coeficientes de transmissão de energia térmica das paredes, pavimento e tecto do porão são calculados com base no fluxo unitário máximo diário adoptado para o projecto, atendendo à temperatura interior do porão e às respectivas temperaturas exteriores dos meios envolventes.

(Tabela 32 – Coeficientes de transmissão)

[K]	Coeficiente de transmissão de energia térmica da envolvente do porão					
$K = q / (\theta_e - \theta_i)$			Parede a bombordo e estibordo	Pavimento	Topo da proa e popa	Tecto
q	Fluxo unitário	[W/m ²]	6,95 (25 [KJ/(h.m ²)])			
θ_e	Temperatura exterior	[°C]	¹⁾ 35	²⁾ 32	³⁾ 45	⁴⁾ 50
θ_i	Temperatura interior		- 30			
K	Coeficiente de transmissão térmica	[W/(°C.m ²)]	0,107	0,112	0,093	0,087

- 1) As paredes laterais exteriores do porão possuem parte da sua superfície em contacto com a atmosfera (35 °C) e outra parte com a água do oceano (32 °C). Optou-se por escolher a temperatura mais penalizadora (35 °C) e majorando o valor de [K], em vez de se achar a média das temperaturas dos dois ambientes, solução também defensável.
- 2) O pavimento está à temperatura +32 °C do casco duplo.
- 3) Tanto a parede de topo do lado da popa como a do lado da proa do porão, possuem uma temperatura exterior de projecto de 45 °C (casa das máquinas).
- 4) O convés interior, de baixo do qual está o tecto do porão, está protegido da intempérie e da incidência directa dos raios solares. A sua temperatura é de 50 °C.

7.7.2 [λ] Condutividade térmica

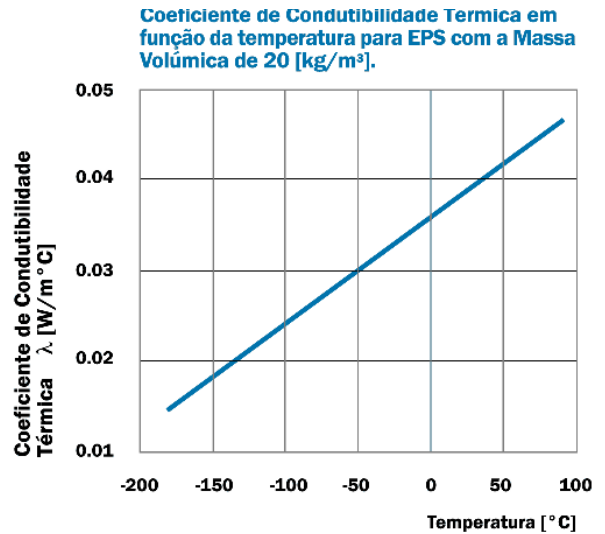
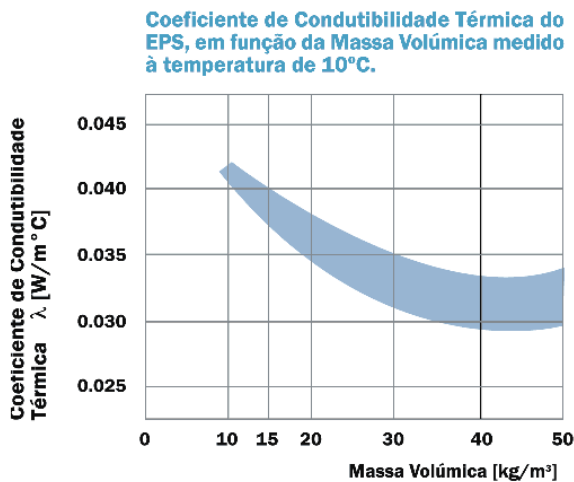
A condutividade térmica ou coeficiente de condução térmica [λ] de um material, é a resistência que esse material oferece à passagem da energia térmica. Quanto menor for o seu valor, dado em W/(°C.m), maior será a resistência que o material oferece à passagem da energia térmica, isto é, melhor serão as suas propriedades isolantes.

A condutividade térmica relaciona-se com o coeficiente de transmissão de calor [K] da seguinte forma:

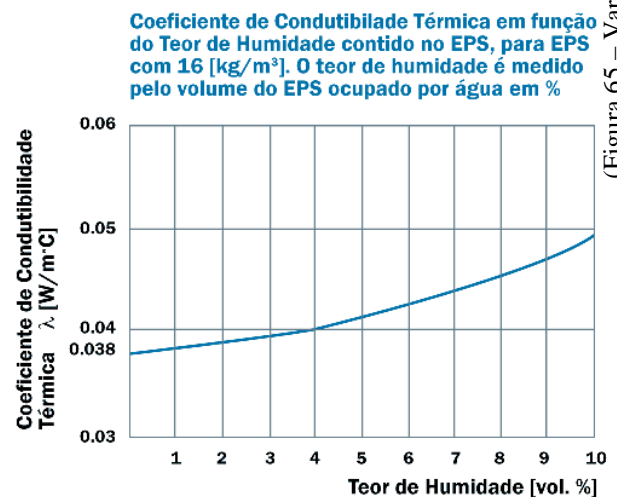
(Tabela 33 – Condutividade térmica)

[λ]	Condutividade térmica ou Coeficiente de condução térmica		
e	Espessura do isolamento	[m]	$\lambda = K_x e$ [W/(°C. m)]
K	Coeficiente de transmissão térmica	[W/°C. m ²]	

A condutividade térmica é influenciada pela composição química; porosidade; humidade; massa volúmica e temperatura dos materiais. Algumas dessas propriedades são evidenciadas nos gráficos seguintes:



- ❑ O coeficiente de condutividade térmica [λ] diminui com o aumento da massa volúmica da substância, isto é, quanto maior for a massa volúmica melhor será o poder isolante da substância.
- ❑ A diminuição da temperatura do material provoca uma diminuição no coeficiente de condutividade térmica [λ].
- ❑ O aumento da humidade diminui a capacidade isolante do material, aumentando o coeficiente de condutividade térmica [λ].



(Figura 65 – Variação das propriedades dos isolantes)

7.7.3 Escolha do material isolante

A escolha do material isolante do porão frigorífico revela-se de primordial importância, uma vez que é ele o responsável pelo isolamento do porão, minimizando a entrada de carga térmica pelas paredes do porão, mantendo a temperatura de funcionamento do porão com o mínimo de perdas, evitando-se consumos proibitivos de energia, que colocariam em causa a viabilidade económica do projecto.

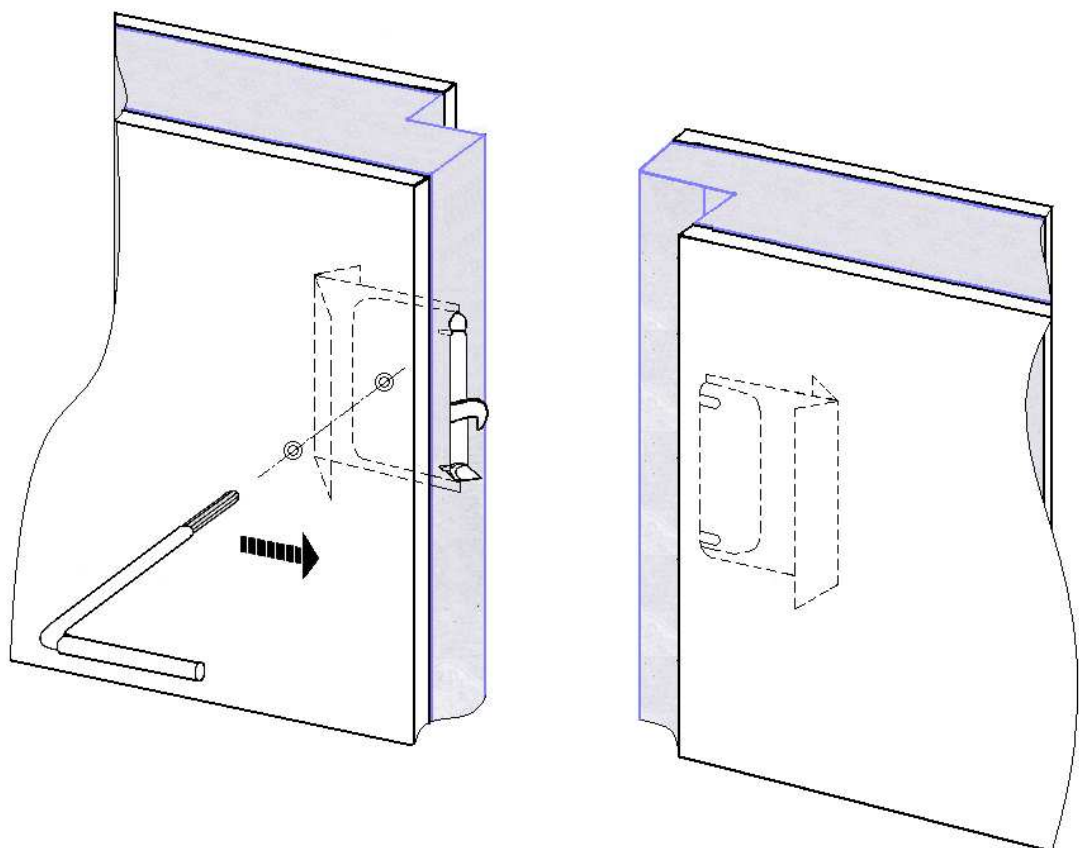
Na escolha do material isolante teve-se em conta os seguintes factores:

- ❑ Baixo coeficiente de condutividade térmica.
- ❑ Optimização relação custo da espessura versus economia de energia.
- ❑ Baixa permeabilidade ao vapor de água.

- ❑ Alta resistência à compressão.
- ❑ Alta resistência ao fogo.
- ❑ Baixo coeficiente de dilatação linear.
- ❑ Temperaturas limites de utilização em consonância com as da instalação.
- ❑ Calor específico.
- ❑ Massa específica.
- ❑ Estabilidade dimensional.
- ❑ Tolerâncias de fabrico.
- ❑ Inodoro.
- ❑ Resistência e reacção a produtos químicos.
- ❑ Resistência a ataque de seres vivos (microrganismos; insectos; roedores, etc.)

Da ponderação de todos estes factores na escolha de um material isolante, aplicados aos vários tipos de isolamento industriais existentes no mercado (cortiça, neoprene; poliuretano, lã de rocha, compostos de serradura, etc.) e tendo em atenção a sua utilização num ambiente agressivo; exposto a temperaturas e humidades relativas exteriores, muito diferentes e com grandes variações; sujeito a oscilações violentas, devido à navegação em alto mar, onde o peso e o espaço que ocupa são factores a ter em conta; optou-se pela utilização de painéis prefabricados em espuma de poliestireno expandido.

Os painéis são revestidos em ambos os lados por uma chapa de 2,5 mm de alumínio anodizado, com uma micragem de 35 μm de protecção ao ambiente marinho e com sistema integrado de aperto mecânico do tipo da figura:



(Figura 66 – Painéis isolantes)

7.7.4 Propriedades do material isolante

O poliestireno expandido, designado popularmente por esferovite e cuja sigla internacional é “EPS” (Norma DIN ISO-1043/78) é um plástico celular rígido, que se obtém da polimerização em água, do estireno (líquido oleoso, incolor e de cheiro intensivo) derivado insaturado do benzeno.

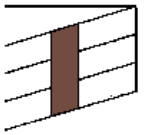
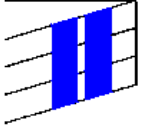
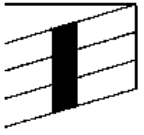
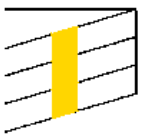
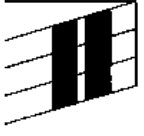

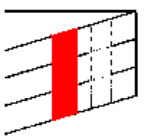
Da polimerização do estireno pela água, resulta uma espuma formada por pérolas ou grânulos com um diâmetro aproximado de 3 mm, que ao expandir-se aumentam o seu volume em cerca de 50 vezes por acção do vapor de água, fundindo-se e formando uma substância leve e esponjosa, que se molda à forma que foi confinada.

O poliestireno expandido é formado por cerca de 98% de ar e 2% de poliestireno. Num volume de 1 m³ de EPS, teremos 3 a 6 bilhões de células repletas de ar e completamente blindadas. É o ar que fica aprisionado nas células, praticamente sem actividade, que confere a esta substância a sua elevada resistência à condução de energia térmica, leveza e grande impermeabilidade ao vapor de água, o que faz dela a substância ideal para o isolamento térmico de um porão frigorífico.

De acordo com a “ACEPE – Associação industrial do Poliestireno Expandido” a marcação do poliestireno expandido e as suas propriedades são apresentadas nas tabelas seguintes, em concordância com as normas europeias.

PROPRIEDADES DO EPS - EN 13163	30	60	100	150	200	250
Condutibilidade térmica (EN 12667 ou EN 12939)	0,044	0,040	0,038	0,036	0,035	0,035
	W/m°C					
Resistência à compressão - deformação < 2% (EN 826)	5	15	25	35	50	70
	kPa					
Resistência à compressão - deformação 10% (EN 826)	30	60	100	150	200	250
	kPa					
Resistência à flexão (EN 12089)	50	100	150	200	250	350
	kPa					
Factor de difusão do vapor de água (EN 12086)	20-40	20-40	30-70	30-70	40-100	40-100
	μ					
Absorção de água por imersão (EN 12087)	< 5	< 3	< 2	< 2	< 2	< 1
	% volume					
Coeficiente de dilatação térmica linear	5-7*10 ⁻⁵ °C ⁻¹					
Estabilidade de forma à temperatura	85 °C					
Reacção ao fogo	EN 13501-1		Euroclasse E			
	Especificação LNEC E365		M1 - Não Inflamável			

(Figura 67 – Propriedades do EPS)

EPS Tipo	Marcação EPS - EN 13163	Aplicação
EPS 30		Lista castanha
EPS 60		Dupla lista azul
EPS 100		Lista preta
EPS 150		Lista amarela
EPS 200		Dupla lista preta
EPS 250		Lista violeta
NÃO INFLAMÁVEL		Lista vermelha complementar

(Figura 68 – Marcação do EPS)

As principais características do poliestireno expandido são:

□ Condutibilidade térmica baixa.

A estrutura celular do poliestireno com grandes quantidades de ar praticamente sem actividade, aprisionado em células herméticas com diâmetros de décimos de milímetro e paredes de 1 mm espessura, conferem ao material um coeficiente de condutividade térmica [λ] muito baixo, o que evidencia a grande resistência à passagem de energia térmica da substância e o seu poder isolante.

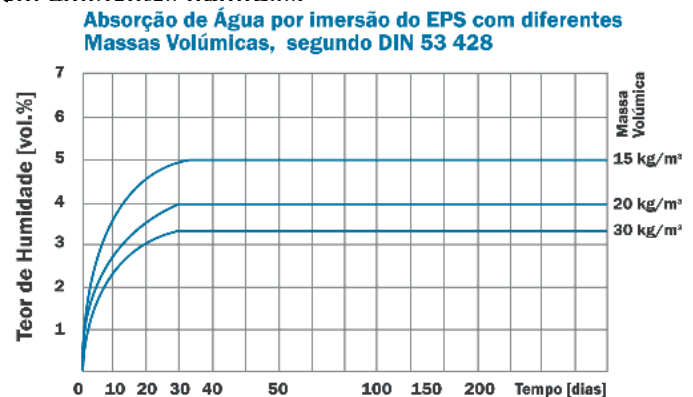
□ Imersa em água apresenta fraca absorção de humidade (não é higroscópico).

Quando um isolamento é permeável à água, pode apodrecer; criar um habitat ideal para

o desenvolvimento de bolores, fungos e outros microrganismos; diminui drasticamente a sua capacidade de isolante térmico, o que condiciona a sua utilização em ambiente propícios a humidades, como é o caso do porão de um navio.

A estrutura celular do poliestireno impede a penetração da água em profundidade, mesmo quando este é imerso durante largos períodos de tempo. Ao ser retirado da água o material seca rapidamente, mantendo todas as suas propriedades. Esta característica faz dele um excelente isolante, para ser utilizado em ambientes húmidos.

Da leitura do gráfico verifica-se que a absorção da humidade diminui com o aumento da massa volúmica do isolante.



(Figura 69 – Teor de humidade do EPS)

□ Difusão do vapor de água.

O EPS é impermeável à água líquida, mas é permeável ao vapor de água. Esta característica tem a vantagem de permitir à envolvente respirar e evitar deste modo condições propícias para o desenvolvimento de bolores e outros microrganismos. A sua aplicação no isolamento de uma câmara frigorífica requer, como qualquer outro isolante que desempenhe a mesma função, um cuidado particular na execução da barreira contra o vapor.

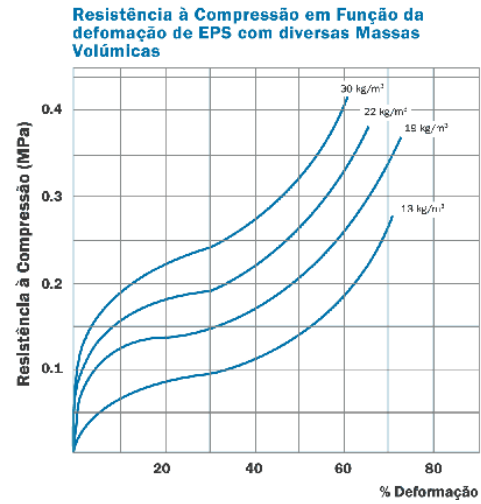
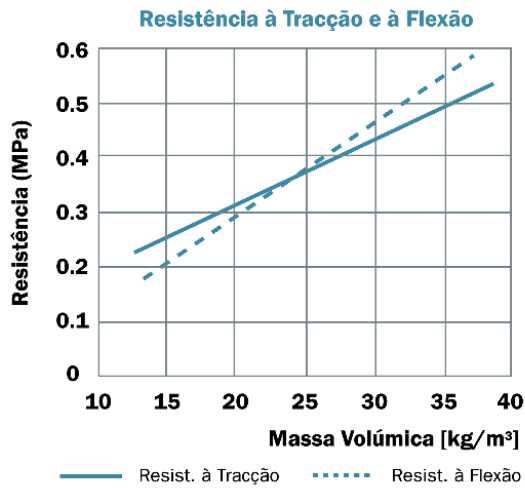
O aumento da massa específica como seria espectável, aumenta a impermeabilidade ao vapor de água.

□ Alta resistência mecânica.

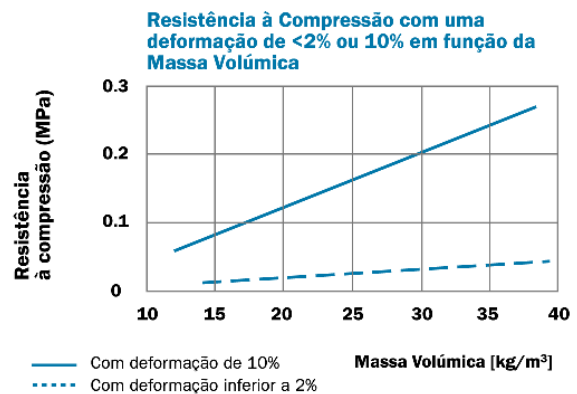
O EPS possui um excelente comportamento à compressão, ao impacto, as vibrações, à tracção e à flexão, mantendo estas características inalteráveis ao longo da vida útil da instalação. É difícil encontrar um material que reúna todas estas características em simultâneo, advindo deste facto a vastidão da sua aplicação na indústria, em campos tão vastos como o isolamento térmico e sonoro, fabrico de embalagens, pranchas de surf, protecções de máquinas contra o impacto mecânico, etc.

Para o isolamento de um porão frigorífico, a sua resistência à compressão e ao impacto fazem dele o material ideal para ser usado, não só nas paredes e tectos, mas também no pavimento, sujeito às cargas de compressão provocadas pela carga e operadores.

A massa volúmica é a característica que mais influencia as propriedades mecânicas do EPS, variando estas de forma geral, linearmente com o aumento da massa volúmica, como se poderá verificar nas figuras seguintes para a tracção e flexão.



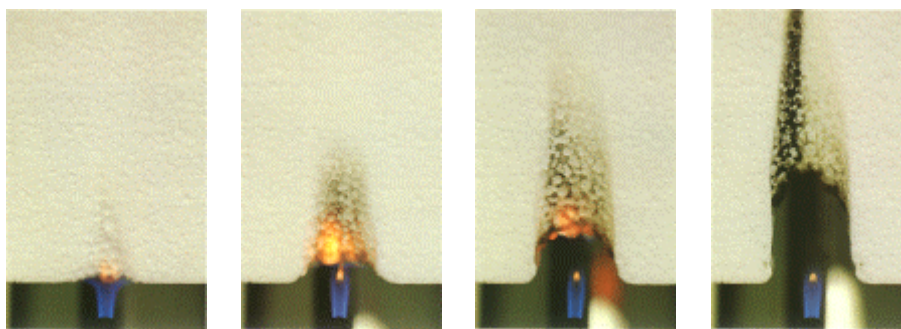
O EPS sujeito à compressão permanece no campo elástico, desde que a deformação não ultrapasse os 2% da espessura da placa.



□ Resistência ao fogo.

Num navio a resistência à combustão dos materiais que o constituem, ganha uma relevância crucial por questões de segurança da vida humana. O EPS não inflamável, também conhecido por auto-extinguível, possui um inibidor de combustão, que lhe proporciona resistência à combustão, retardando-a quando sujeito à acção directa da chama, contraindo-se e inibindo a sua ignição.

(Figura 71 – Comportamento ao fogo do EPS)



A reacção ao fogo de **EPS Não Inflamável**

Após longo período de exposição directa à acção da chama, dá-se a ignição do material e o fogo propaga-se com grande dificuldade, libertando como produto de combustão um fumo negro, exigindo oxigénio em abundância no meio circundante. O único gás tóxico libertado é o monóxido de carbono.

O gás libertado e a velocidade de propagação da chama, em comparação com a libertação de gases e velocidade de avanço da chama dos materiais existentes na constituição do navio, classificam o EPS auto-extinguível como um material que não contribui para o risco de incêndio da embarcação e pelo contrário retarda-o, melhorando o comportamento da embarcação, no que diz respeito ao alastramento do fogo.

□ Baixa densidade

É um material muito leve, o que é outra característica muito interessante para a aplicação numa embarcação, pois não sobrecarrega a estrutura do navio. É fácil de transportar e de aplicar.

□ Grande resistência química.

Possui grande resistência química e não reage com os materiais que está em contacto. É uma característica a ter em conta num meio marítimo agressivo de salinidade, onde as reacções químicas dos materiais são um factor de preocupação permanente

□ De fácil transporte, colocação (não necessita de ferramentas especiais) e manuseamento.

□ Versátil.

□ Período longo.

Não é conhecido o tempo de vida do EPS, no entanto o seu tempo de vida é muito superior ao tempo de vida das instalações onde é aplicado e possui grande resistência ao envelhecimento, mantendo as suas características praticamente inalteradas ao longo da sua vida útil.

□ Inócuo aos microrganismos e não constitui substrato alimentar para os roedores.

Factor muito importante para a manutenção das condições higio-sanitárias numa embarcação e impedir a propagação de pragas de roedores.

□ Imputrescível.

□ Económico.

□ Higiénico.

□ Amigo do ambiente.

Cada vez mais a vertente ecológica é um factor primordial na concepção de um projecto. A consciência de que os recursos naturais são limitados e que o planeta foi emprestado pelos nossos filhos e netos, obriga a ter em conta este aspecto. O EPS não é biodegradável, mas é

100% reciclável e não liberta substâncias prejudiciais para o meio ambiente, contribuindo para a poupança de energia.

□ Exposição lata a temperaturas extremas

A temperatura mínima que o EPS suporta é a de liquefação dos gases, que constituem o ar retido nas suas células, o que na prática faz com que esta substância não tenha limites para a exposição a temperaturas negativas. No que respeita à temperatura máxima, para exposições pontuais ela ronda os 100 °C. Em caso de exposição prolongada e sujeito a cargas elevadas, está entre os 80 a 85 °C.

□ Baixa dilatação térmica

A sua aplicação num porão frigorífico, com grandes gradientes de temperatura, onde o material isolante está sujeito a dilatar e a contrair, acompanhando os ciclos de funcionamento da instalação, esta é uma propriedade importante a ter em conta.

7.7.5 Cálculo das espessuras do material isolante

Para o isolamento do porão frigorífico, foi escolhido o EPS 250 não inflamável, de forma a responder às exigências das cargas do pavimento e de segurança ao fogo. De acordo com a tabela de propriedade do poliestireno expandido, a condutividade térmica é de 0,035 W/(m.°C). Com base neste valor obtemos a espessura do isolamento do porão nas diferentes zonas:

[e]		Espessuras do isolamento em Poliestireno				
$e = \lambda / K$			Parede a bombordo e estibordo	Pavimento	Topo da proa e popa	Tecto
K	Coeficiente de transmissão térmica	[W/(°C. m ²)]	0,107	0,112	0,093	0,087
λ	Condutividade térmica	[W/(°C. m)]	0,035			
e	Espessura do isolamento	[mm]	327	312	376	402

(Tabela 34 – Espessuras de isolamento do EPS)

Foi contabilizado para os painéis um espaço até 450 mm em toda a envolvente do porão, pelo que os valores encontrados, se bem com alguma expressão, estão dentro dos valores admissíveis.

Caso se deseje diminuir a espessura dos painéis, a opção poderá passar pelo poliuretano, com valores de condutividade térmica na ordem dos 0,023 W/(m.°C).

[e]		Espessuras do isolamento em Poliuretano				
$e = \lambda / K$		Parede a bombordo e estibordo	Pavimento	Topo da proa e popa	Tecto	
K	Coeficiente de transmissão térmica	[W/(°C. m ²)]	0,107	0,112	0,093	0,087
λ	Condutividade térmica	[W/(°C. m)]	0,023			
e	Espessura do isolamento	[mm]	215	205	247	265

(Tabela 35 – Espessuras de isolamento do Poliuretano)

Com esta opção, existe uma redução na espessura das superfícies envolventes de:

[e]	Comparativo Poliéstireno / Poliuretano				[mm]
Poliéstireno	327	312	376	402	
Poliuretano	215	205	247	265	
Diferença	112	107	129	137	

(Tabela 36 – Comparativo de isolamentos)

7.8 Barreira ao vapor

Este é um ponto fulcral ao qual o projectista deverá ter particular atenção e cuidados redobrados, para garantir a eficácia do isolamento e o seu bom desempenho, como barreira à transmissão de energia térmica entre o exterior e o interior da câmara.

As paredes exteriores do porão formam as faces quentes do porão e as paredes interiores as faces frias. O vapor de água existente no ar atmosférico tem a tendência de imigrar para o interior do porão frigorífico, no sentido do gradiente de temperatura da face mais quente para a face mais fria.

Por analogia, o vapor de água comporta-se como a água num reservatório, o qual comunica com outro reservatório situado numa cota inferior (vasos comunicantes). Ao se abrir a válvula de corte, eliminando-se a restrição à passagem da água, a mesma escorre do reservatório à cota mais elevada para o reservatório à cota menos elevada. As paredes quentes do porão são o nosso reservatório à cota mais elevada e as paredes frias o reservatório na cota mais baixa. Se não houver nada que o impeça, o vapor de água irá imigrar do exterior para o interior, até que as pressões do vapor de água se igualem.

Teremos que criar uma barreira ao vapor, que terá a mesma função da válvula de corte e impeça a imigração do vapor de água para o interior, onde iria condensar e congelar, danificando a

estrutura molecular do isolamento, podendo em última instância destruí-lo, colocando em causa o seu desempenho e toda a instalação frigorífica.

A barreira ao vapor é formada pela chapa de alumínio, formada por células fechadas e impermeáveis ao vapor de água, que reveste a face exterior dos painéis de poliestireno. A câmara-de-ar existente entre esta face do painel e o casco do navio permite que o ar circule e se crie uma corrente de ar, que mantêm a parede de alumínio seca e isenta de condensações.

A parte interior do painel é de igual modo revestido por uma folha de alumínio, no entanto esta é perfurada em zonas pré-determinadas, de forma a permitir a respiração do miolo do painel e a eliminação de eventuais condensações através do evaporador.

É garantida a absoluta estanquicidade na união entre os painéis, através do seu perfeito isolamento por cordão de silicone cola. A fixação dos painéis à armação de madeira do porão frigorífico deverá ser feita de forma a garantir a inexistência de pontes térmicas.

8

Equipamento de congelação

O equipamento de congelação desempenha o papel crucial de garantir a **congelação rápida** do produto, desde a temperatura em que são capturados nas águas do oceano até à temperatura de armazenamento no porão frigorífico. Garantimos desta forma a qualidade do alimento, a preservação das suas características e ingredientes fundamentais, que fazem deste um produto de excelência na dieta humana.

O pré-arrefecimento do produto evita que a sua entrada do no porão frigorífico origine grandes cargas térmicas, o que obrigaria a grandes gastos energéticos e a um esforço tremendo do compressor.

8.1. Processo de congelação adoptado

Dentro dos diversos processos de congelação do pescado, optou-se pela congelação por **contacto directo** e por um congelador horizontal de placas de duplo contacto (figura 72).

Ponderando os prós e contras dos diferentes processos e equipamentos de congelação do mercado, este revelou ser o que melhor se adapta ao fim a que se destina e para as condições muito particulares da nossa unidade de transformação de pescado (arrastão de crustáceos pela popa).

Dentro das suas características é de realçar:

- ❑ O pequeno volume;
- ❑ A área reduzida que ocupa;
- ❑ A rapidez de congelação;
- ❑ A facilidade de manuseamento do produto.
- ❑ Não necessita de grande espaço para as operações de estiva. As operações de entrada e saída do produto dos armários fazem-se em espaços limitados, especialmente se compararmos com outros processos de congelação. Este é um aspecto muito importante no projecto frigorífico muito particular de uma embarcação sujeita a balanços e vibrações, por vezes de grande intensidade.



(Figura 72 – Congelador horizontal de placas)

8.2. Capacidade do congelador de placas

Para o dimensionamento e cálculo do congelador de placas horizontal foram adoptados os seguintes critérios de projecto:

- Captura normal.

Considera-se que os armários de congelação de placas horizontais deverão ter a capacidade de vazão diária, para congelar 10% da capacidade de armazenamento do porão frigorífico, numa situação de captura normal. Atendendo a tendência crescente da diminuição do número de espécimes dos bancos de pesca, este será o cenário mais espectacular.

- Captura de ponta.

Em situações pontuais de grandes capturas, considera-se que os armários deverão ter a capacidade diária de vazão para congelar 20% da capacidade de armazenamento do porão frigorífico.

Tipo de captura			
Tipo de captura	%	Carga máxima do porão	Carga = % da capacidade de carga do porão
Normal	10	29 040 [Kg]	2 904 [Kg]
Ponta	20		5 808 [Kg]

(Tabela 37 – Tipos de captura)

8.3. Capacidade de frigorífica

O congelador de placas horizontais deverá possuir uma potência frigorífica que permita retirar energia térmica ao produto, diminuindo a sua temperatura, desde a temperatura a que os crustáceos são capturados (37 °C) até à temperatura desejada de armazenamento no porão frigorífico (-22 °C).

8.3.1 Propriedades do produto a congelar

Para o cálculo da energia térmica a retirar do produto no processo de congelação, temos que ter em conta os seguintes factores:

- Calor específico dos crustáceos, para temperaturas superiores ao ponto de congelação.
- Calor específico dos crustáceos, para temperaturas inferiores ao ponto de congelação.
- Calor latente de congelação dos crustáceos.
- Temperatura de congelação

Para os crustáceos, as propriedades fundamentais para a conservação e congelação são apresentadas a seguir:

Crustáceos					
Conservação			Congelação		
Temperatura aconselhável	Humidade relativa	Calor específico superior ao ponto congelação	Ponto de congelação	Calor específico inferior ao ponto congelação	Calor Latente
[°C]	[%]	[KJ/(Kg.°C)]	[°C]	[KJ/(Kg .°C)]	[KJ/Kg]
0,5	90/9	3,51624	-2,2	1,8837	280,462

(Tabela 38 – Propriedades termodinâmicas dos crustáceos)

8.3.2 Congelação do produto

A congelação do produto pelo congelador de placas efectua-se em três etapas:

- 1ª Etapa: Procede-se ao arrefecimento dos crustáceos, desde a sua temperatura de captura até o seu ponto de congelação, aproximadamente -2,2 °C no caso dos crustáceos;
- 2ª Etapa: Atingida a temperatura de congelação, ocorre um espaço de tempo, no qual a temperatura do produto não sofre alteração e toda a energia retirada é usada na solidificação total dos tecidos que formam os crustáceos;
- 3ª Etapa: Efectua-se o arrefecimento desde o ponto de congelação (-2,2 °C) até à temperatura de entrada no porão (-22 °C).

8.3.2.1 [Q_{S1}] Calor sensível de arrefecimento diário

A energia despendida para arrefecer o produto, desde a temperatura a que foi capturado até à temperatura do seu ponto de congelação, é apresentada a seguir:

[Q _{S1}]	Calor sensível de arrefecimento diário	Q _{S1} = M x C _p x (θ _i - θ _f) [KJ/24h]			
M	Massa do produto a arrefecer [Kg]	Normal	Q _{S1n}	Ponta	Q _{S1p}
		2 904		5 808	
C _p	Calor específico [KJ/(Kg.°C)]	3,51624			
θ _M *	Temperatura do Oceano	°C			
θ _i	Temperatura à entrada para o congelador				
θ _f	Temperatura antes do ponto de congelação				
Q _{S1}	Energia sensível de arrefecimento [KJ/24h]	400 277,51		800 555,91	

(Tabela 39 – Calor sensível de arrefecimento)

* Recomendada pela “Associação de Navios de Pesca Japonesa”.

** A temperatura inicial do produto à entrada do congelador foi determinada com base na temperatura da água do oceano onde os crustáceos são capturados, acrescida por um gradiente de 5 °C.

8.3.2.2 [Q_L] Calor latente de congelação diário

Quando as células que formam a estrutura molecular dos crustáceos atingem o ponto de congelação (-2,2 °C), inicia-se o período de congelação dos tecidos dos crustáceos. Nesta fase, a temperatura dos corpos dos crustáceos mantém-se constante e a energia extraída da estrutura molecular é utilizada na mudança de estado, solidificando-se o líquido orgânico das células.

O termo latente advém de haver trocas de energia térmica, sem que tal seja perceptível através da diminuição ou aumento de temperatura dos corpos. A energia é totalmente utilizada na mudança de fase, que tem a sua origem no estado energético das moléculas e na intensidade das forças de atracção dos átomos que formam a estrutura molecular dos crustáceos.

A energia consumida neste processo é apresenta a seguir:

[Q_L]	Calor Latente de congelação diário	$Q_L = M \times C_L$ [KJ/24h]			
		Normal	Q_{Ln}	Ponta	Q_{Lp}
M	Massa do produto a congelar [Kg]	2 904		5 808	
C_L	Calor latente [KJ/Kg].	280,462 [KJ/Kg]			
Q_L	Energia latente de congelação [KJ/24h]	814 461,65		1 629 923,29	

(Tabela 40 – Calor latente de congelação)

8.3.2.3 [Q_{S2}] Calor sensível de congelação diário

Realizada a congelação total dos tecidos dos crustáceos, toda a energia térmica que se extraia ao produto será perceptível e mensurável através da temperatura dos seus corpos. O congelador de placas irá absorver a carga térmica correspondente à diminuição da temperatura dos crustáceos, desde o ponto de congelação (-2,2 °C) até à temperatura de armazenamento no porão frigorífico (-22° C).

O cálculo da energia em jogo é apresentado na tabela da página seguinte:

[Q _{S2}]	Calor sensível de congelação diário		Q _{S2} = M x C _p x (θ _i - θ _f) [KJ/24h]			
M	Massa do produto	Kg	Normal	Q _{S1n}	Ponta	Q _{S1p}
			2 904		5 808	
C _p	Calor específico	KJ/(Kg.°C)	1,8837			
θ _i	Temperatura dos crustáceos após congelação		°C			
θ _f	Temperatura à saída do congelador					
			-2,2			
			-22			
Q _{S2}	Energia sensível de congelação	KJ/24h	108 314,24		216 622,49	

(Tabela 41 – Calor sensível de congelação)

8.3.2.4 [Q_T] Energia total diária do congelador

A energia total que o evaporador do congelador deverá ter capacidade de absorver para levar a temperatura do produto, desde a sua temperatura de captura até à temperatura de armazenamento no porão frigorífico, é obtida pela soma dos três itens calculados nos anteriormente.

[KJ/24h]	Energia total diária requerida ao congelador	Tipo de captura	
		Normal	Ponta
[Q _{S1}]	Calor sensível de arrefecimento diário	400 277,51	800 555,91
[Q _L]	Calor Latente de congelação diário	814 461,65	1 629 923,29
[Q _{S2}]	Calor sensível de congelação diário	108 314,24	216 622,49
[Q _T]	$Q_T = \sum_{j=1}^3 Q_j = Q_1 + Q_2 + Q_3$	1 323 053,4	2 647 101,69

(Tabela 42 – Energia requerida ao congelador)

O circuito frigorífico do armário deverá ter a capacidade de absorver a carga térmica, proveniente da introdução do produto no congelador, acrescidas dos ganhos de carga térmica provenientes das paredes e da introdução do ar exterior devido à abertura e fecho de portas.

No caderno de encargos a potência requerida para o congelador, será a potência necessária para vencer a carga térmica, proveniente da introdução do produto no congelador, ficando a cargo do fabricante a responsabilidade de fornecer um equipamento que possua capacidade acrescida para absorver as cargas provenientes das paredes e abertura das portas, que dependerão das características e concepção particular de cada equipamento.

8.3.2.5 [Q] Carga térmica total horária do congelador

Na determinação da potência frigorífica do congelador, considera-se o circuito frigorífico a funcionar 18 horas diárias, de forma a permitir ao equipamento as devidas pausas, para arrefecimento do compressor e degelo do evaporador. Os valores determinados são acrescidos de um coeficiente de segurança de 10%.

[Q]	Carga térmica horária total do congelador		Tipo de captura	
			Normal	Ponta
[Q _T]	Perdas totais diárias	KJ/h	1 323 053,4	2 647 101,69
C _s	Coeficiente de segurança	%	1,1 (10%)	
T _f	Tempo diário de funcionamento	h	18	
[Q]	$Q = [(\sum_{j=1}^3 Q_j) \times C_s] / T_f$	KJ/h	72 767,94	161 767,34
		KW	22,6	44,9

(Tabela 43 – Carga térmica total do congelador)

8.4 Seleção do congelador horizontal de placas

Estamos agora em condições de consultar um catálogo técnico de construtores de congeladores de placas horizontais e escolher o modelo que satisfaça as condições de potência, temperatura final, capacidade de carga e fluido frigorígeno.

Os fabricantes dos congeladores de placas horizontais, na apresentação do seu equipamento fornecem, de acordo com o produto a congelar, os seguintes dados para a seleção do equipamento:

- Capacidade horária [Kg/h]
- Número de estações
- Tempo de congelação
- Distância máxima e mínima entre placas
- Fluido frigorígeno utilizado
- Potência frigorífica

Nas condições do presente projecto a escolha do equipamento recaiu num congelador de placas horizontais (modelo 60725) do fabricante “Dole” dos U.S.A. que possui experiência comprovada neste tipo de equipamento, nomeadamente no fornecimento à frota pesqueira dos Estados Unidos e Canadá. Tal não inviabiliza a escolha de outro equipamento de características semelhantes, desde que sejam respeitados os requisitos do projecto, de outro qualquer fabricante que opere no mercado.



(Figura 73 – Congelador horizontal de placas)

O modelo 60725 “Freze-Cel” é um congelador de placas horizontal de duplo contacto. A zona inferior e superior dos tabuleiros contendo os camarões, entram em contacto com as placas de alumínio do armário, que poderão atingir os $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, procedendo-se à transferência de calor por ambos os lados do bloco do pescado.

Um cilindro hidráulico exerce pressão sobre as placas de alumínio, proporcionando as condições óptimas de contacto entre a fonte quente (pescado) e a fonte fria (Placas do congelador).

8.4.1 Vantagens do modelo 60725 “Freze-Cel”

As vantagens de utilização de um equipamento deste tipo são:

- ❑ Proporcionar uma descida de temperatura do corpo dos crustáceos de forma rápida, num curto espaço de tempo, com todos os convenientes já referidos na “congelação rápida”, preservando todas as qualidades naturais dos crustáceos;
- ❑ Manter intacto o grau de humidade do pescado durante o processo de congelação, retardando a oxidação das gorduras e desnaturalização das proteínas do pescado, permanecendo intacto a cor e o aspecto fresco, sem alterar o sabor original dos crustáceos;
- ❑ Ocupar pouco espaço, sendo o ideal para uma embarcação onde o mesmo não abunda, ocupando apenas 1/6 do espaço utilizado pelos túneis de congelamento convencionais;
- ❑ Ser económico, pois prescinde de ventiladores e obtém maior rendimento dos compressores, com uma economia de cerca de 30% em relação aos sistemas convencionais;
- ❑ Poder ser instalado junto ao processamento do pescado e em locais cobertos;
- ❑ Não libertar gases para a atmosfera, em contra ponto com outros sistemas de congelação rápida;
- ❑ Proporcionar economia de mão-de-obra, diminuindo o transporte e movimentação dos produtos, com as operações de carga e descarga feitas de forma simples;
- ❑ Dispensar o uso de roupas especiais e o trabalho não é considerado insalubre.
- ❑ Attingir uma temperatura de congelação até os -30°C ;
- ❑ Permitir uma congelação de 5 a 20 toneladas diárias;

8.4.2 Características Técnicas

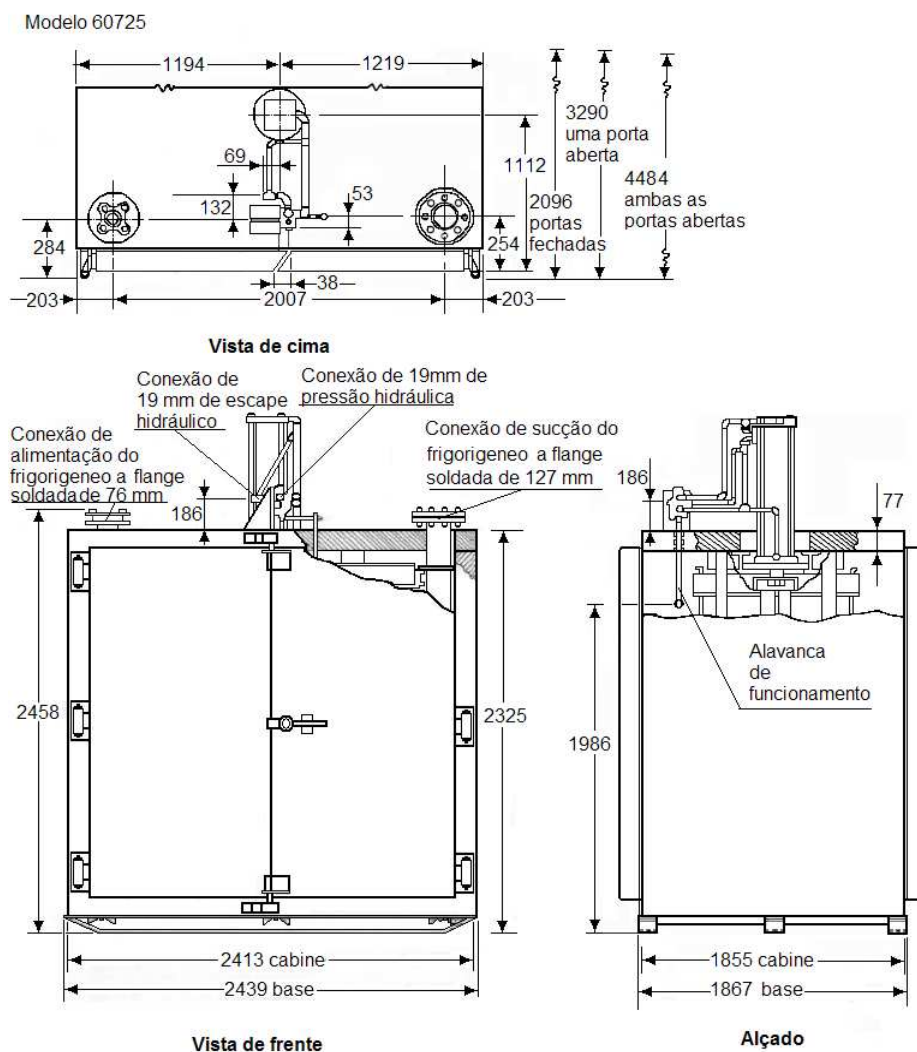
O congelador de placas horizontal é composto por duas partes fundamentais:

- ❑ A cabine ou gabinete
- ❑ O sistema de congelação

8.4.2.1 Cabine

O gabinete ou cabine é toda a estrutura que envolve o sistema de congelação e tem como função isolá-lo termicamente, impedido a transferência de calor do exterior para o interior, reduzindo ao máximo as fugas de energia térmica. Para além desta função, protege o interior da câmara e os produtos nela contidos de qualquer tipo de conspurcação e contaminação do exterior, garantindo as condições higio-sanitárias, protegendo também o pescado e sistema de congelação de qualquer eventual choque mecânico.

As dimensões (dimensões em milímetros) da cabine e respectivo equipamento auxiliar é apresentado de seguida:



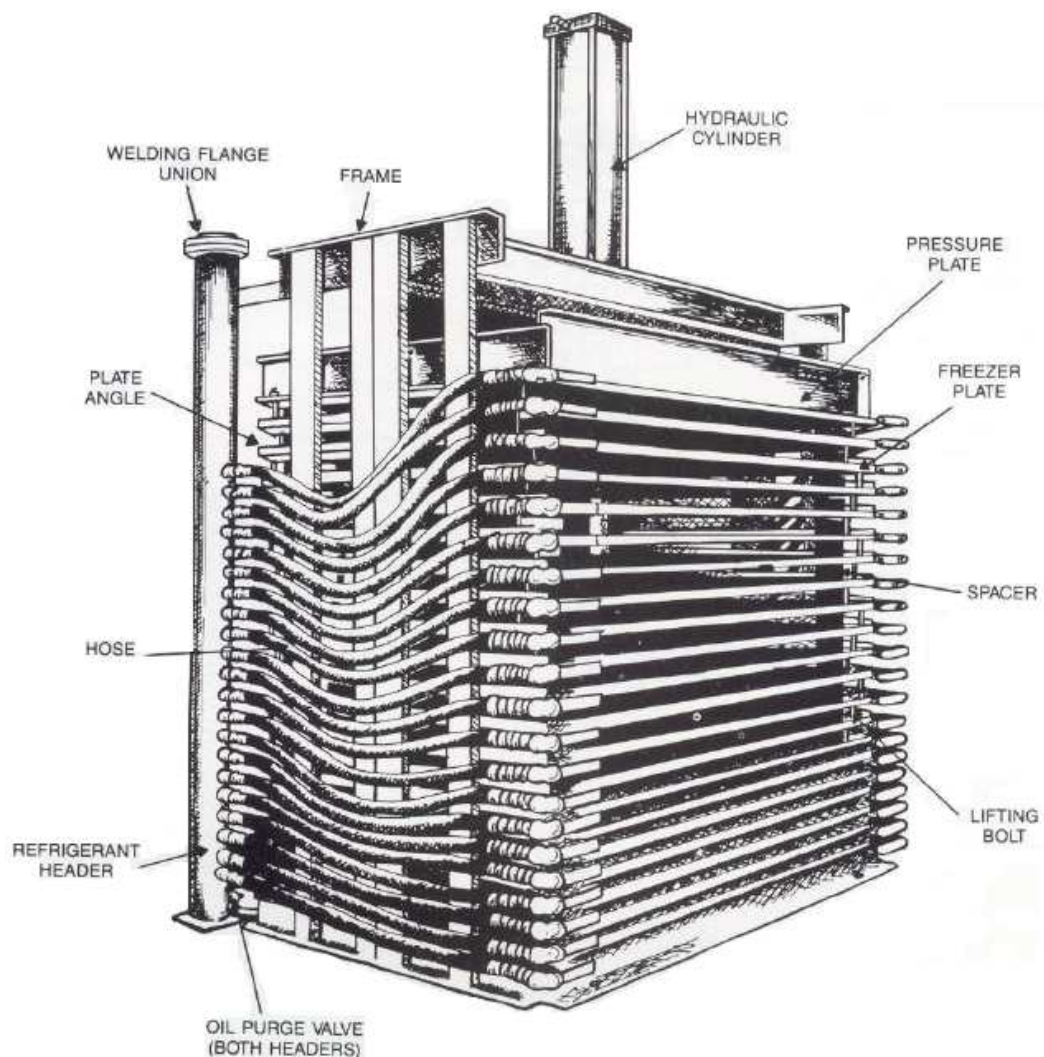
(Figura 74 – Dimensões do congelador)

O gabinete possui portas em ambos os lados, o que facilita em muito a estiva do produto, as operações de carga e descarga, as quais poderão ser efectuadas por portas diferentes se o lay-out da instalação assim o exigir, diminuindo-se desta forma o tempo de manuseamento dos tabuleiros e aumentando-se a produtividade da linha de produção.

A cabine é formada por paredes com uma espessura de 101,6 mm de poliuretano, que provisiona o isolamento térmico da cabine, revestido em ambos os lados por chapas de fibra de vidro de 6,35 mm de espessura. Com um acabamento atractivo tanto pelo interior como pelo exterior, é um armário leve, de grande resistente à abrasão, de fácil de limpeza, impermeável à humidade e ao vapor de água.

8.4.2.2 O sistema de congelação

O sistema de congelação é formado pelas placas, a armação de suporte, o circuito do líquido frigorígeno com conexões flexíveis as placas e sistema hidráulico de pressão das placas.



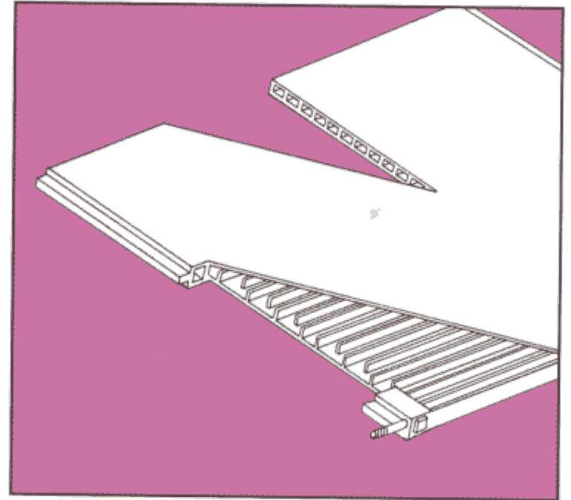
(Figura 75 – Interior do congelador de placas)

8.4.2.2.2 Placas

Construídas em alumínio extrudido de elevada condutividade térmica, com a dimensão de 1841 x 1524 mm, no interior das quais existe uma rede de canais de circulação do líquido frigorígeno, dispostos de forma a garantirem uma distribuição uniforme da temperatura nas superfícies das placas.

A circulação do fluido frigorígeno é feita por circulação forçada (também poderia ser feita por gravidade), o que proporciona ao equipamento um coeficiente de transmissão de calor por condução elevado, reduzindo drasticamente os tempos de congelação.

Permite a utilização dos fluido frigorígenos: R-717 (amoníaco); R-502; R-507; R-22 e o R-404A.



(Figura 76 – Placas do congelador)

8.4.2.2.2 Armação de suporte

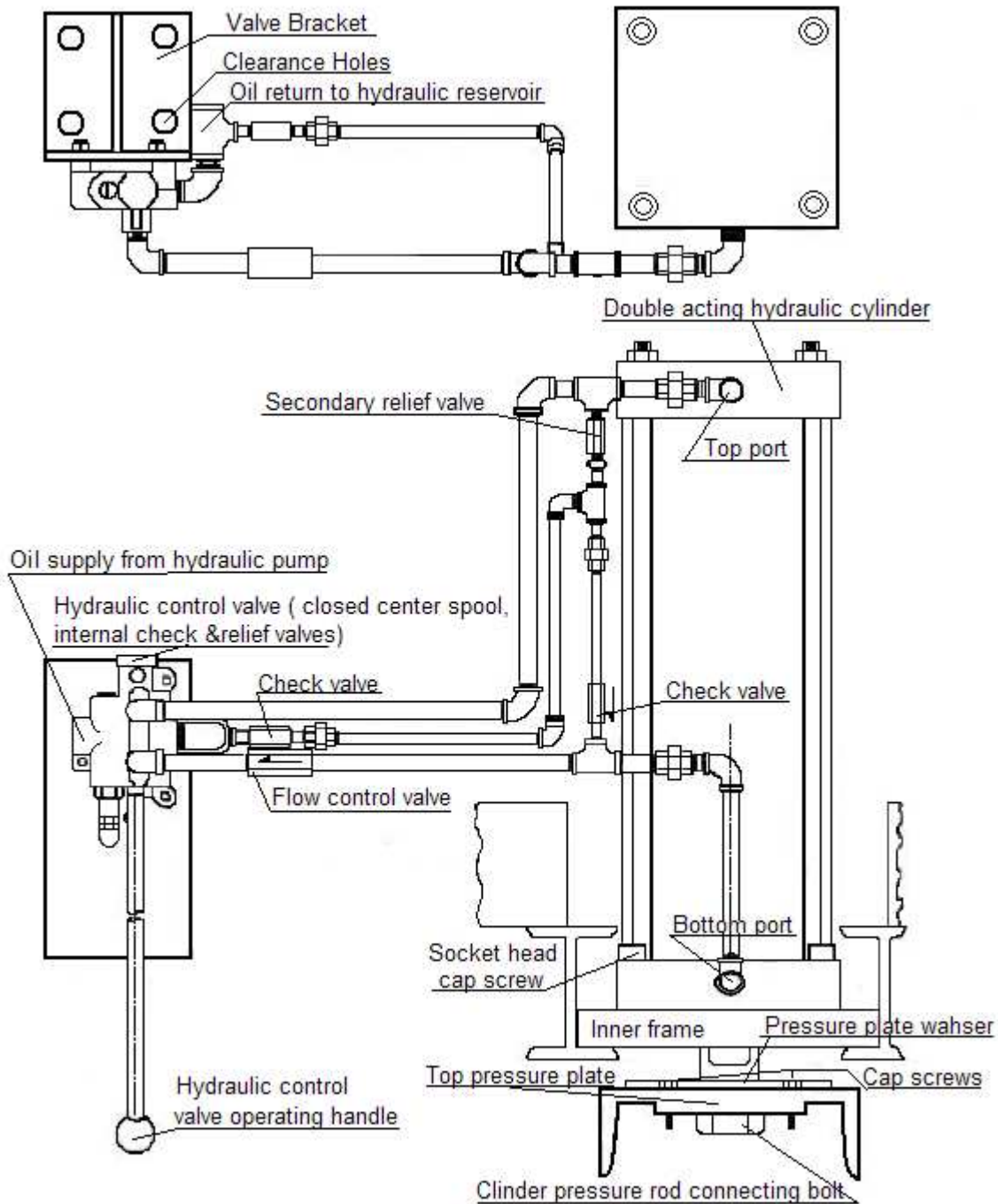
A armação de suporte é feita em aço e tem como função suportar todo o conjunto formado pelas placas, tubagem, prato de pressão e cilindro hidráulico. Para além da função estrutural e de suporte, desempenha a função fundamental de guiamento do prato de pressão e das placas, nas operações de carga e descarga do sistema, mantendo estes componentes perfeitamente nivelados, garantindo um perfeito contacto entre as placas e os tabuleiros do congelado, evitando tensões prejudiciais ao equipamento e produto.

8.4.2.2.3 Sistema Hidráulico

O sistema hidráulico do equipamento é formado pelo:

- Reservatório de óleo,
- Bomba de pressão;
- Tubagens, filtros;
- Cilindro hidráulico;
- Restantes acessórios (válvulas, pressostacto, etc.).

É o sistema hidráulico que acciona e controla o prato de pressão movimentando-o verticalmente, permitindo o contacto directo entre as placas e o pescado, colocado em bandejas ou tabuleiros, proporcionando um congelamento rápido e total.



(Figura 77 – Esquema do circuito hidráulico)

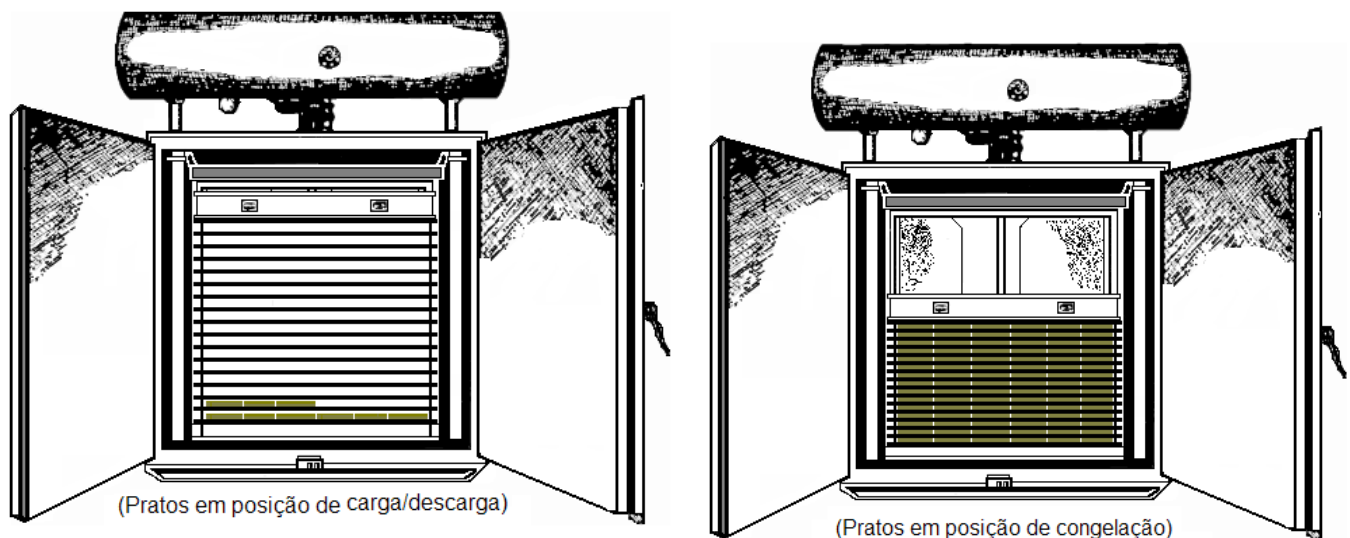
8.4.2.2.4 Distribuidores

Os distribuidores do fluido frigorígeno têm como função distribuir o fluido pelas placas, através de um circuito de tubagens flexíveis, reforçadas com fita de aço inoxidável perfeitamente adequado às baixas temperaturas e altas pressões.

8.5 Carga e descarga do produto

O congelador possui acesso aos seus pratos de congelação por ambos os lados do armário, o que facilita em muito as operações de carga e descarga do produto a congelar, permitindo inclusive fazer as operações de carga e descarga por portas e zonas diferentes.

Para carregar o congelador acciona-se o sistema hidráulico para a posição de carga e o êmbolo desloca-se no sentido do afastamento dos pratos e ao ser atingido o afastamento máximo, permite que se introduza no espaço criado entre os pratos, os tabuleiros com os crustáceos a congelar.



(Figura 78 – Carga e descarga do congelador)

Introduzido o produto a congelar, as portas são cerradas e é accionado o sistema hidráulico. O prato de pressão obriga a que todos os pratos façam pressão em ambas as superfícies dos tabuleiros, para que a transmissão de energia térmica por condução se dê nas condições mais favoráveis, no sentido de se atingir a temperatura final desejada no mais curto espaço de tempo.

8.6 Capacidade de congelação

8.6.1 Número de estações

No congelador de placas horizontal “FREZE-CEL” o número de estações poderá variar entre 9 a 24 estações (10 a 25 pratos) e condicionará o volume útil de congelação do armário, a sua capacidade de congelação e a abertura máxima e mínima entre os pratos. Os limites de abertura dos pratos dependerão do género de produto a congelar e da sua espessura.

Os tabuleiros onde os crustáceos são acondicionados para irem ao congelador possuem a dimensão de 290 x 190 x 30 mm. Consultando a tabela dos valores do fabricante para a máxima e mínima abertura entre pratos, optou-se pelo modelo “60725-24” do congelador com 24 estações; 25 pratos com as dimensões úteis de congelação de 1524 x 1841 mm; uma abertura máxima de 46 mm (posição de carga); uma abertura mínima de 30 mm (posição de congelação) e um êmbolo com o curso de 457 mm.

Abertura máxima e mínima entre pratos											
Dimensões do prato de alumínio: 1537x1899x22 (mm)											
Área útil de congelação: 1524x1841 (mm)											
*Outros tamanhos são possíveis para os pratos, por encomenda especial											
ex: 1220x1841(mm)											
Modelo Freeze-Cel	Número de Estações	Número de Pratos	Abertura Nominal Máxima entre Pratos [mm]	Curso do êmbolo (mm)							
				254	356	457	559	660	762	864	965
				Abertura Nominal Mínima entre Pratos (mm)							
60725-9	9	10	89	62	51	38	27	25			
60725-10	10	11	89	63	54	44	33	25			
60725-11	11	12	89	67	57	48	38	30			
60725-12	12	13	89	68	57	-	43	35			
60725-13	13	14	89	70	62	54	46	38	32		
60725-14	14	15	89	71	63	57	49	43	35	28	25
60725-15	15	16	89	75	68	60	57	48	41	33	25
60725-16	16	17	81	68	62	55	51	43	36	30	25
60725-17	17	18	75	63	57	51	46	40	33	27	25
60725-18	18	19	70	59	52	48	41	36	30	25	
60725-19	19	20	65	54	49	44	38	33	27	25	
60725-20	20	21	60	51	46	40	35	30	25		
60725-21	21	22	55	48	43	38	32	27			
60725-22	22	23	52	44	52	35	30	25			
60725-23	23	24	49	41	49	31	28	25			
60725-24	24	25	46	38	35	30	25				

(Tabela 44 – Abertura dos pratos do congelador)

8.6.2 Características técnicas do modelo 60725-24

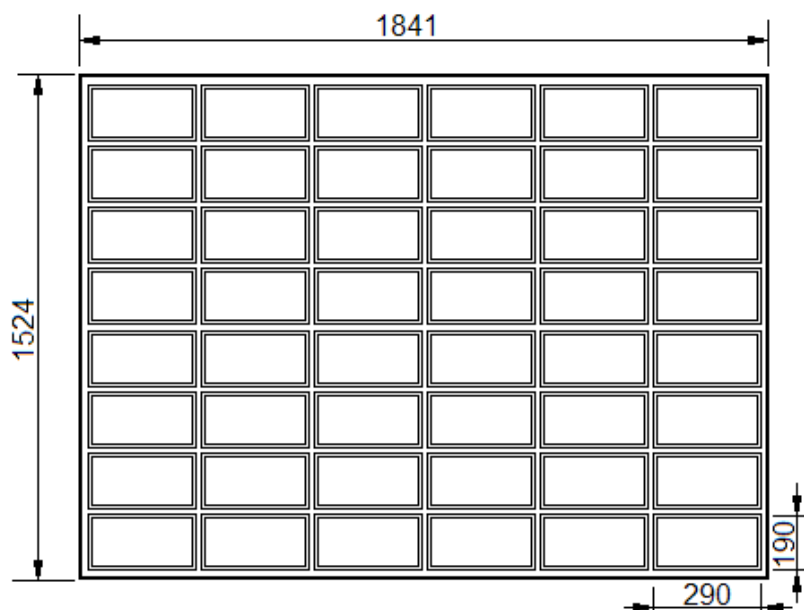
Para as condições do projecto (crustáceos e espessura de congelação 30 mm) o fabricante do modelo “60725-24” de 24 estações, apresenta os seguintes valores:

Modelo Freze-Cel / 60725-24					
Produto	Crustáceos				
Tabuleiro / Caixa	Dimensões [mm]			Massa [Kg]	Quantidade por estação [un]
	Espessura	Largura	Comprimento		
	30	190	290	0.8	(8x6) = 48
Tempo de congelação	152,8 Minutos (≈ 2,55 Horas)				
Número de estações	24 Estações				
Pratos	Material	Quantidade	Dimensões [mm]		
	Alumínio	25	Espessura	Largura	Comprimento
			22	1537	1899
			Área de congelação		
2,8 [m ²]	1524	1841			
Capacidade de congelação	361,4 (Kg/h)				
Capacidade do compressor	57,17 [KW] (25% para perdas)				

(Tabela 45 – Características do modelo Freze-Cel)

8.6.3 Massa de produto congelado por estação

O produto é condicionado em tabuleiros de alumínio com as dimensões exteriores de 290 x 190 x 30 mm, em porções de 800g. Cada estação do congelador de placas horizontal possui um prato com a dimensão de 1841 x 1524 mm, perfazendo uma área 2,8 m². É sobre esta área que irão ser distribuídos os tabuleiros, perfazendo uma quantidade de 48 tabuleiros (8x6) por estação.



(Figura 79 – Carga por estação)

Cada estação tem assim capacidade para congelar:

Massa por estação						
		Tabuleiro	Prato do congelador			
			Dimensão	Área [m ²]	Quantidade [un]	
Comprimento	mm	290	1841	2,8	6	48
Largura		190	1524		8	
Massa	Kg	0.8	38,4 [Kg]			

(Tabela 46 – Quantidade de produto por estação)

8.6.4 Massa do produto congelado por armário

A massa de produto que é possível congelar em simultâneo num armário será:

Massa por armário					
Número de estações	Área congelação	Abertura		Massa	
		Mínima	Máxima	Estação	Armário
24 [un]	2,8 [m ²]	30	46	38,4 [Kg]	921,6 [Kg]

(Tabela 47 – Quantidade de produto por congelador)

8.6.5 Massa do produto congelado diariamente

Diariamente o congelador de placas efectua vários ciclos de congelação, constituídos pelos períodos de tempo utilizados na carga, congelação e descarga do produto. A carga e descarga é efectuada por 4 marinheiros, por ambos os lados do armário, de forma a diminuir o tempo destas actividades e melhorar a rentabilidade do congelador. Os períodos de degelo e paragem do compressor coincidem com os períodos de carga e descarga do produto.

Massa do produto congelado diariamente			
Tempo	Minutos	Número de ciclos diários	Capacidade de carga por armário
Carga	26	24 Horas / 3,4 Horas = 7 ciclos	921,6 [Kg]
Congelação	153	Capacidade de carga diária	
Descarga	26	6 451,2 [Kg /24h]	
Total	205 (3,4 horas)		

(Tabela 48 – Quantidade de produto congelado diariamente)

8.6.6 Número de armários necessários

O número de congeladores necessários irá depender da capacidade diária de carga, do tempo gasto em cada ciclo de congelação e da potência frigorífica requerida ao equipamento.

Número de congeladores necessários						
<u>Critérios de capacidade de carga</u>						Kg/24h
Requerida			Congelador			Balanço
Tipo de captura	Normal	2 904	6 451,2			+ 122,15 %
	Ponta	5 808				+ 11,07 %
<u>Critérios de potência frigorífica</u>						KW
Requerida			Congelador			Balanço
Tipo de captura	Normal	22,6	57,17	14,29	42,88	+ 89,73%
	Ponta	44,9	(Total)	(25% perdas)	(Útil)	- 4,5%
1 Unidade						

(Tabela 49 – Quantidade congeladores)

Analisando as necessidades da instalação sobre o ponto de vista da quantidade diária de massa a congelar, verifica-se que uma unidade de congelação possui capacidade e até ultrapassa os limites máximos impostos, pela situação mais exigente da captura de ponta.

Na óptica da potência frigorífica requerida para congelar esse volume de massa, dentro dos tempos dos ciclos de congelação e gradientes de temperatura de projecto, verifica-se que para a situação mais gravosa a potência fica a – 4,5% do objectivo requerido se retirarmos os 25% de potência para perdas recomendada pelo fabricante. A captura de ponta é, no entanto, uma situação de ocorrência ocasional e por outro lado, porção frigorífica está dotado de capacidade frigorífica suficiente para vencer esta pequena diferença. Optou-se por manter apenas uma unidade de congelação por motivos económicos, de espaço, mão-de-obra e logística.

Circuito frigorífico

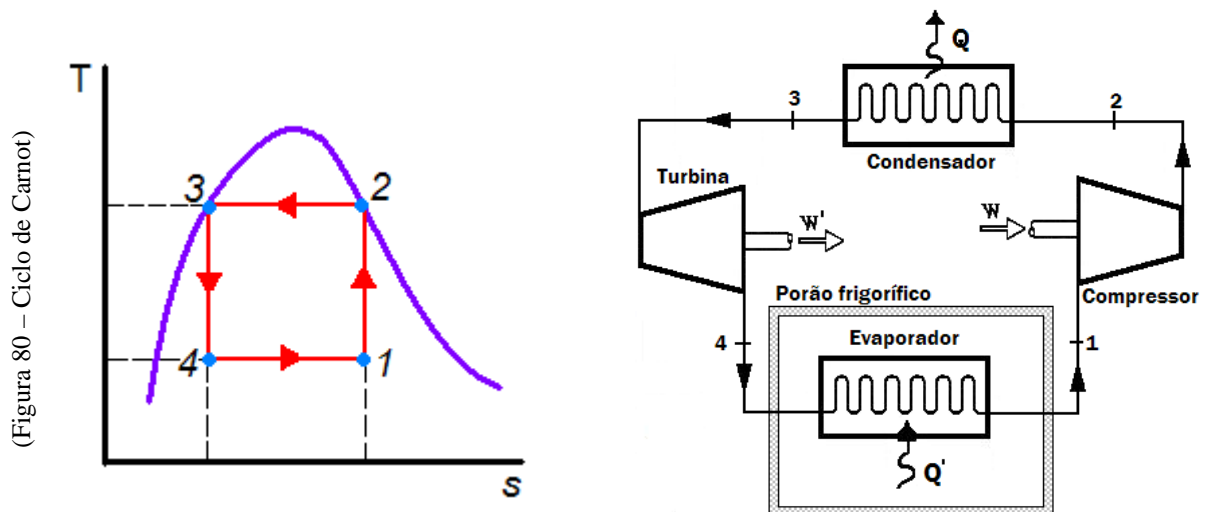
Os componentes fundamentais do circuito frigorífico, tanto da unidade de congelação rápida (congelador de placas horizontais), como do porão frigorífico serão explanados neste capítulo, com incidência especial para o circuito do porão, já que as opções do congelador são na generalidade da responsabilidade do fabricante.

9.1 Fundamentos teóricos

9.1.1 Ciclo frigorífico teórico

O circuito frigorífico pode, de forma puramente teórica, ser representado pelo ciclo invertido de Sadi Carnot para um fluido condensável, o qual enuncia que é possível fornecer trabalho a uma máquina e esta utilizar esse trabalho para extrair calor de uma fonte fria e fornecê-lo a uma fonte quente.

O **ciclo de Carnot** (1824) é um ciclo reversível, formado por duas isotérmicas (pontos de estado de temperatura constante) e duas isentrópicas (pontos de estado de entropia constante). Como o ciclo é reversível, as isentrópicas são também adiabáticas (não há transferência de calor).



O fluido frigorigéneo sofre ao longo do ciclo várias transformações, em regime de sistema fechado, que lhe irão permitir desempenhar o seu efeito frigorífico ou refrigerante, expresso pela quantidade de energia térmica subtraída à fonte fria por unidade de massa do frigorigéneo.

A mistura de vapor-líquido do fluido frigorigéneo penetra no compressor (ponto 1), é-lhe fornecido trabalho que utiliza na compressão do fluido até que este atinja o estado de vapor saturado (ponto 2), aumentado a sua pressão e temperatura. Entra no condensador onde irá ceder energia

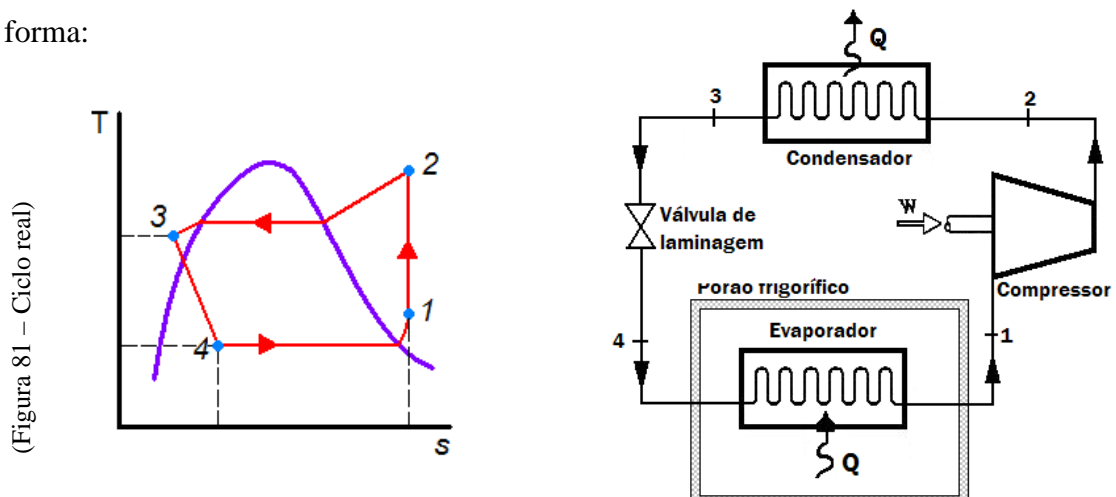
térmica à fonte quente a pressão constante, passando do estado gasoso ao estado de líquido saturado (ponto 3). Entra na turbina e expande-se, diminuindo a temperatura e pressão, passando de líquido saturado a mistura de vapor-líquido (ponto 4). Entra no evaporador e evapora-se (a pressão constante) devido à energia absorvida da fonte fria até ao estado inicial (ponto 1), repetindo-se o ciclo.

9.1.2 Ciclo frigorífico prático

O ciclo de Carnot sendo útil para assimilar os conceitos do funcionamento da máquina frigorífica, é de difícil aplicação, porque:

- ❑ O conceito de ciclo reversível, sendo útil para determinar a eficiência frigorífica ($\xi = Q_f / W$) máxima espectável num ciclo frigorífico, é puramente teórico já que as forças de atrito tornam os processos irreversíveis.
- ❑ A turbina encarece em muito a instalação e torna-a mais complexa. O trabalho ($\int v dp$) que produz é insignificante se for comparado com o que é consumido no compressor, devido ao reduzido volume específico do fluido, que evolui muito próximo da linha de líquido saturado.
- ❑ O compressor teria que funcionar com uma mistura de líquido e vapor, num escoamento a duas fases, o que acarretaria graves problemas no seu funcionamento e integridade.
- ❑ No evaporador é praticamente impossível travar a evaporação do fluido e assegurar que ele começa a ser comprimido nas condições de estado do ponto 1. Por outro lado, o líquido existente na mistura tende a arrastar o óleo, o que pode ocasionar uma lubrificação deficiente do compressor e formação de uma película isolante no interior dos tubos do condensador, dificultando a transferência de calor com a fonte fria.
- ❑ A busca das condições aproximadas de transferência de calor isotérmicas e reversíveis, implicaria possuir permutadores de calor de grandes dimensões, com tempos longos de transferência de energia térmica.

O ciclo real, projectado com base nos princípios teóricos do ciclo de Carnot, apresenta-se da seguinte forma:



(Figura 81 – Ciclo real)

As principais modificações são:

- **Substituição da turbina por uma válvula de laminagem** na evolução 3-4. Esta modificação tem as seguintes implicações:
 - 1) Onde tínhamos em condições ideais (processo reversível) uma evolução isentrópica ($s = c^{te}$), passamos a ter um processo irreversível cuja entalpia à entrada é igual à de saída, o que não significa que a entalpia se mantenha constante durante todo o processo, pois rigorosamente só podemos definir as variáveis termodinâmicas em situações de equilíbrio.
 - 2) Aumenta o trabalho a fornecer ao ciclo, já que este deixa de produzir trabalho na turbina.
 - 3) O efeito refrigerante diminui (o ponto 4 desloca-se para a direita).
 - 4) A eficiência, devido ao ciclo ser irreversível, passa a depender das propriedades do fluido e não apenas das temperaturas limites.
- O ponto 1 representativo do estado termodinâmico do **fluido à entrada do compressor, desloca-se para a zona do vapor sobreaquecido**. Tal sucede porque é difícil controlar a evaporação do fluido no evaporador, de forma que este fique nas condições do ponto 1 do ciclo de Carnot. Esta modificação tem as seguintes implicações:
 - 1) Aumenta-se o efeito refrigerante (o ponto 1 desloca-se para a direita).
 - 2) Evita-se o aparecimento do golpe líquido no compressor.
 - 3) Evita-se o arrastamento de óleo lubrificante para o condensador.
 - 4) O trabalho (de compressão) a fornecer ao sistema aumenta.
- **O fluido à entrada da válvula de laminagem está ligeiramente subarrefecido** (ponto 3). Tal deve-se à dificuldade de assegurar que o fluido à saída do condensador esteja precisamente sobre a linha de líquido saturado. Deste facto resulta:
 - 1) Aumento do efeito frigorífico. Ao deslocar o ponto 3 para a esquerda deslocamos também o ponto 4 no mesmo sentido.

9.2 Fluido frigorígeno ou refrigerante

O fluido frigorígeno está para o ciclo frigorífico, como o sangue está para o corpo humano. Ele é o responsável pelo transporte da energia térmica entre a fonte quente e a fonte fria, percorrendo todos os órgãos vitais do sistema (compressor, evaporador, condensador, válvula de expansão, sensores, válvula de corte, ...) funcionando como elo de ligação entre eles.

9.2.1 Fluido frigorígeno adoptado (R404A)

A criteriosa escolha do fluido frigorígeno é fundamental para o bom funcionamento da instalação frigorífica. Deve ser dada uma particular atenção a este ponto, com o intuito de encontrar um fluido que reúna o máximo de características favoráveis, com base em critérios **termodinâmicos; técnicos; económicos; segurança e ecológicos**.

9.2.1.1 Congelador de placas

O modelo Dole Freze-Cel 60725 permite a utilização de vários tipos de fluidos frigorígenos, a saber: R717 (amoníaco); R502; R507; R22 e R404A.

Até meados dos anos 80 o projectista perante a escolha do fluido frigorígeno, teria “apenas” que ter a preocupação que este reunisse as melhores características para o desempenho da instalação, em conjunto com as condições de segurança.

A partir de 1987 o protocolo de Montreal impôs a eliminação de CFCs (ex: R11; R12; R113; R114; ...) e HCFCs (ex: R22; R502; R507;...), com base nos alertas e consciência global do dano que estes produtos provocam na atmosfera, contribuindo para o denominado “Buraco do Ozono” apresentado em 1974 pelos cientistas Molina e Rowland, os quais alertaram para o caminho de autodestruição que a humanidade estava a seguir, colocando em perigo a sobrevivência de todo o ecossistema e do planeta tal como o conhecemos hoje.

Desta forma o R22; R502; R505 é proibido em novas instalações na Comunidade Europeia desde 31-12-2003, apesar de ser permitido o seu uso em embarcações do Japão e dos E.U.A. até 01-01-2010. Dentro dos restantes, tanto o R717 como o R404A, respondem às necessidades do projecto. O R717 (amoníaco) apresenta as vantagens:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Baixo Custo | <input type="checkbox"/> Excelente permuta de energia térmica. |
| <input type="checkbox"/> Fácil aquisição | <input type="checkbox"/> Fácil detecção de fugas. |
| <input type="checkbox"/> Produção volumétrica específica elevada. | <input type="checkbox"/> Não afecta a camada de ozono |
| <input type="checkbox"/> Não é miscível com o óleo. | <input type="checkbox"/> Não contribui para o efeito de estufa |

O R717 tem como grande desvantagem ser tóxico e embora as frotas dos EUA e do Japão o utilizem nos navios congeladores, não deixa de ser um risco usá-lo em alto mar, pois em caso de fuga e intoxicação dos pescadores, os meios de socorro não são de acesso imediato.

O fluido frigorígeno escolhido foi o R404A que não possui este inconveniente grave de segurança e apesar de ser mais caro e contribuir para o efeito de estufa, reúne excelentes qualidades para ser utilizado numa instalação deste tipo. Tendo sido o fluido adoptado para o circuito do porão frigorífico, não faz sentido ter dois fluidos frigorígenos diferentes na instalação, pois tal acarreta custos económicos, complexidade da instalação e formação de pessoal mais alargada.

9.2.1.2 Porão frigorífico

O fluido frigorigéneo adoptado para toda a instalação do porão frigorífico foi o **R404A**, por este reunir o maior número de factores favoráveis, enquadrados nas particularidades de uma unidade de transformação de pescado num arrastão de popa.

O R404A é formado por uma mistura de três gases liquefeitos do tipo HFC (hidrofluorcarbono) com a proporção a seguir indicada:

Composição do R-404A ou HFC-404A		
52% de HFC-143a	44% de HFC-125	4% de HFC-134a
CF ₃ CH ₃ - Trifluoroetano	CF ₃ CHF ₂ - Pentafluoroetano	CF ₃ CH ₂ F - Trefluoroetano

(Tabela 50 – Composição do R404A)

As suas principais características são:

Principais características do R404A					
	Unidade	Ponto crítico	Fase líquida	Ponto ebulição	Vapor saturado
Temperatura	°C	72,07	25	-46,45	25
Pressão	KPa	3731,5	-	1,255	1,255
Densidade	Kg/m ³	484,5	1048		64,1
Calor específico	KJ/(Kg.K)	-	1,64)		0,88
Calor Latente	KJ/Kg	-	-	200	-
Condutividade térmica	W/m.°C		0,0731		0,0140
Massa Molar					97,6 g/mol
Potencial de destruição do ozono (ODP) comparado com R12 =1					0
Potencial Aquecimento Global (GWP) comparado com CO ₂ =1					3260
Inflamabilidade (ar atmosférico, a temperatura inferior a 100 °C)					Nula
Toxicidade					Baixa

(Tabela 51 – Propriedades do R404A)

9.2.2 Propriedades do frigorigéneo ideal

A escolha do fluido frigorigéneo R-404A teve como base de comparação os critérios desejáveis para fluido frigorigéneo ideal, procurando-se encontrar um fluido que reunisse a maior quantidade dessas características, que se apresentam a seguir:

9.2.2.1 Crítérios termodinâmicos

- ❑ **Ponto de ebulição baixo.** O ponto de ebulição do fluido deverá ser inferior à temperatura do meio ou produtos a arrefecer.
- ❑ **Calor latente de evaporação alto.** A energia térmica retirada do meio a arrefecer usada na evaporação do fluido deve ser o mais elevada possível, para que se use a menor quantidade de fluido possível na obtenção de uma determinada temperatura na câmara frigorífica.
- ❑ **Temperatura de evaporação maior ou igual à temperatura de ebulição.**
- ❑ **Volume específico do vapor baixo.** O volume que o refrigerante ocupa no seu estado de vapor deverá ser baixo, de forma a minimizar a instalação.
- ❑ **Taxa de compressão baixa.**
- ❑ **Produção frigorífica específica elevada.**
- ❑ **Eficiente na permuta de energia térmica.**
- ❑ **Temperatura de condensação inferior à temperatura crítica.** A temperatura crítica é a temperatura à qual o fluido não se condensa, independentemente da pressão a que está sujeito. O refrigerante deverá ter a sua temperatura crítica sempre superior aos valores das temperaturas do meio no qual liberta a sua carga térmica.

9.2.2.2 Crítérios técnicos

- ❑ **Reacção com os componentes do circuito.** O fluido não deve reagir quimicamente com os metais, ligas, plásticos, elastómeros, etc. do circuito, de forma a prevenir fugas, avarias e alteração das propriedades do próprio fluido.
- ❑ **Reacção com o óleo lubrificante.** O fluido não deverá reagir com lubrificantes usados, de forma a não alterar as propriedades e funções de ambos.
- ❑ **Aptidão para fugas.** Determinados refrigerantes possuem maior tendência para se escapulirem do circuito frigorífico para o meio ambiente (ex: fluorados), acarretando maiores custos de manutenção, custos de não produtividade, paragens mais frequentes da instalação e danos ecológicos.
- ❑ **Detecção de fugas.** A detecção de fugas deve ser fácil e rápida, por motivos de produtividade, eficiência do circuito e de segurança da instalação.
- ❑ **Comportamento na presença de água.**

9.2.2.3 Crítérios económicos

- ❑ **Custo.**
- ❑ **Disponibilidade.**

9.2.2.4 CrITÉrios segurança

- ❑ **Toxidade.** Este factor revela-se de primordial importância sempre que esteja em causa vidas humanas e possíveis acidentes de trabalho.
- ❑ **Inflamabilidade.** O risco de incêndio pode colocar em causa toda a instalação e zonas circundantes, bem como a vida dos que operam na instalação.
- ❑ **Reacção com o meio ou produtos a refrigerar.** O fluido não deve contribuir para qualquer tipo de degradação do produto ou meio a refrigerar.

9.2.2.5 CrITÉrios ecológicos

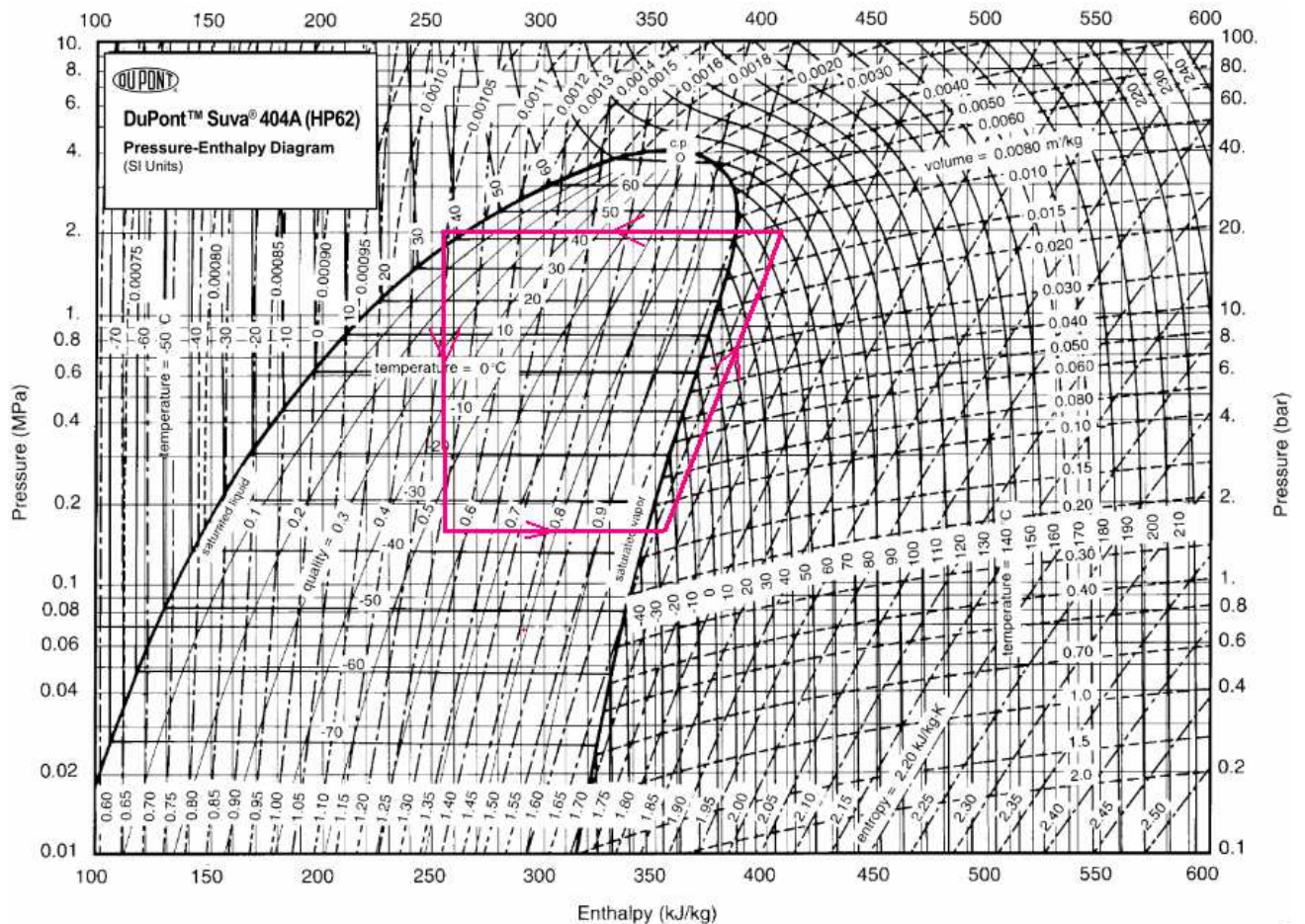
- ❑ **Efeito de estufa.** O planeta está a sofrer um aquecimento global, devido à sua incapacidade de libertar energia térmica para o espaço, o que está a provocar grandes alterações climáticas. A presença de determinados frigorigéneos na atmosfera contribui em grande escala para o efeito de estufa.
- ❑ **Destruição da camada de ozono.** A camada do ozono é o ecrã natural que protege a vida na terra contra os raios cósmicos, filtrando-os e apenas deixando chegar à costa terrestre aqueles que são suportados e úteis à vida no planeta. Alguns dos frigorigéneos usados na indústria contribuem para a destruição desse ecrã vital para a vida no planeta.

O critério ecológico tem vindo a aumentar o seu “peso” na escolha final do fluido frigorigéneo e o futuro deixa adivinhar que será o primordial e condicionador dessa escolha.

Os sinais que o planeta tem vindo a transmitir-nos tornaram real a preocupação da comunidade científica e transformaram-na numa preocupação dos governos e de todo o ser humano consciente, pois tais sinais já não podem ser ignorados: 80% dos glaciares do Kilimanjaro (Quênia) desapareceram nas últimas décadas; no Pólo Norte a calota perdeu 30% da sua área e 40% da sua espessura em 40 anos; na Gronelândia o gelo derrete-se escoando-se para o mar, uma das maiores fontes de água doce do planeta; o nível do mar eleva-se perigosamente, ameaçando as localidades costeiras, prevendo-se 200 milhões de refugiados devido ao clima em 2050; a temperatura do mar está a alterar-se e a colocar em risco a sobrevivência de muitos espécimes; as correntes marinhas estão a sofrer alterações preocupantes; o ciclo das chuvas altera-se; o metano líquido retido no gelo da Sibéria corre o risco de se libertar, funcionando como uma autentica bomba-relógio, aumentando o efeito de estufa e colocando em causa a sobrevivência da humanidade.

9.2.3 Aplicação do diagrama de Mollier ao ciclo frigorífico

Da aplicação das condições de funcionamento do ciclo frigorífico no diagrama de Mollier para o fluido frigorigéneo R404A obtém-se o esquema:



(Figura 82 – Diagrama de Mollier para 404A)

9.3 Evaporador

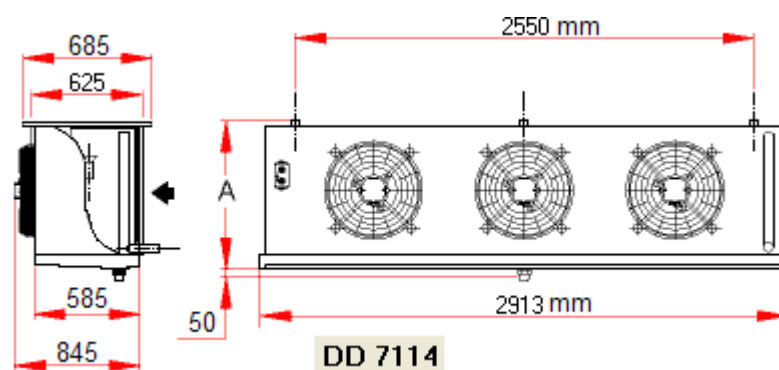
Este equipamento está localizado dentro do espaço a refrigerar (fonte quente) retirando energia térmica (calor sensível) ao ar nele contido, a qual é absorvida na vaporização do frigorigéneo (calor latente) aprisionado na serpentina de cobre do evaporador, num processo isotérmico (temperatura constante) e isobárico (pressão constante), na zona de baixa pressão do circuito frigorífico.

O evaporador do congelador de placas é alimentado por circulação forçada por acção de uma bomba (também pode ser efectuado por gravidade), que aspira líquido isento de vapor de um separador de líquido, aumentando desta forma a produção frigorífica do equipamento.

O evaporador do porão frigorífico é alimentado por expansão directa, o que implica não haver líquido puro após a injeção, mas uma mistura de líquido-vapor, diminuindo a produção frigorífica do

equipamento com o aumento da percentagem de vapor na mistura. Este equipamento apresenta as seguintes características:

- ❑ Blindagem em liga de alumínio (AlMg).
- ❑ Tubos de cobre.
- ❑ Alhetas de alumínio com 7 mm espaçamento.
- ❑ Motoventiladores com protecção térmica, a trabalhar em compartimentos diferentes.
- ❑ Descongelação por resistências eléctricas (opção adoptada) ou por gás quente (HG).
- ❑ Circulação forçada de ar por aspiração através da bateria evaporadora, permite obter uma velocidade uniforme em toda a superfície irradiante (maior eficiência) e uma projecção maior.



(Figura 83 – Dimensões do evaporador)

O coeficiente global de transmissão do evaporador é dado por:

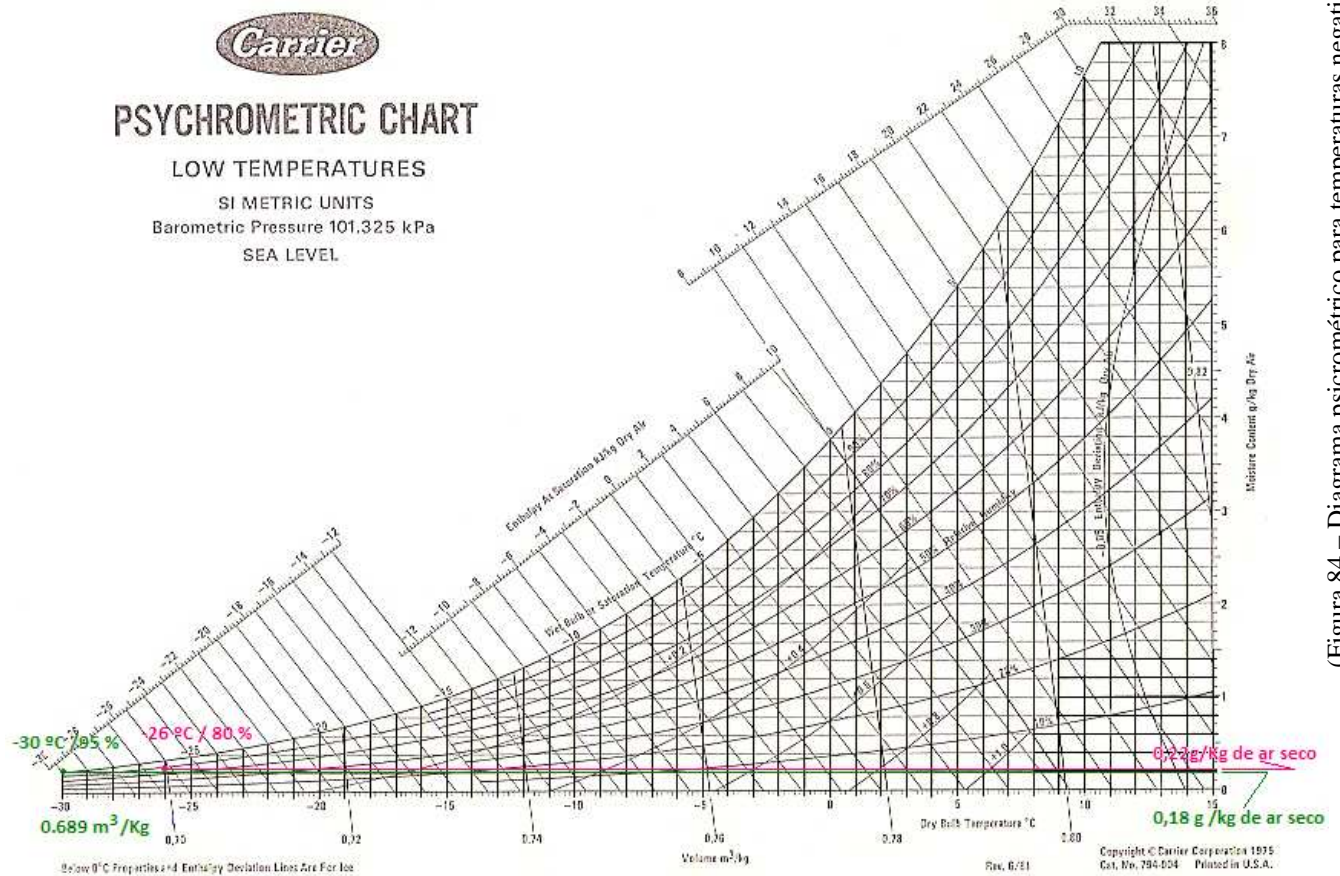
[U]	Coeficiente global de transmissão do evaporador		
[Q]	Potência Frigorífica	KW	15,01
[A]	Área de permuta do evaporador	m ²	118,3
Δt_m	Diferença média aritmética de temperatura	°C	4.93
[U]	$U = Q / (A \times \Delta t_m)$	W/ m ² . °C	25.74

(Tabela 52 – Coeficiente global de transmissão do evaporador)

A massa de ar ao atravessar a bateria do evaporador sofre um arrefecimento e uma desumidificação. O vapor de água ao entrar em contacto com as paredes de cobre da bateria do evaporador passa ao estado líquido e sólido, devido à temperatura negativa a que as paredes se encontram.

Recorrendo ao diagrama psicrométrico para temperaturas negativas, obtemos a humidade relativa específica do ar à entrada (0,18 g/Kg ar seco) e à saída (0,22 g/Kg ar seco) da serpentina,

através da temperatura e humidade relativa do ar à entrada ($T_s = -26\text{ °C}$ e $HR = 80\%$) e à saída ($T_s = -30\text{ °C}$ e $HR = 95\%$) do evaporador.



(Figura 84 – Diagrama psicrométrico para temperaturas negativas)

A estimativa da quantidade de água proveniente do degelo da bateria é dado por:

[m _{H2O}]	Caudal mássico de água retirada por período de descongelação		
Q	Caudal volúmico de ar	m ³ /h	17000
		m ³ /s	4,723
v	Volume específico	m ³ / Kg	0,689
m _{ar}	Caudal mássico de ar	Kg/s	6.855
W _e	Humidade específica do ar à entrada	g/Kg ar seco	0,22
W _s	Humidade específica do ar à saída		0,18
m_{H2O}	m_{H2O} = m_{ar} x (W_e - W_s)	Kg/s	0,000274
t	Tempo	h	18
		s	64800
m_{H2O}	Caudal de água retirado	Kg/18horas	17,76

(Tabela 53 – Caudal de água retirado por período de descongelação)

9.9.4 Compressor

A função do compressor é comprimir o vapor sobreaquecido do fluido frigorífero à saída do evaporador, elevando a sua pressão de forma isentrópica, permitindo ao fluido libertar a energia acumulada na zona de baixa pressão do ciclo frigorífico, no condensador situado na zona de alta pressão do circuito.

Com base nos dados do projecto seleccionou-se um compressor parafuso, semi-hermético da marca Alemã “Bitzer” do modelo HSN6451-40-40P.

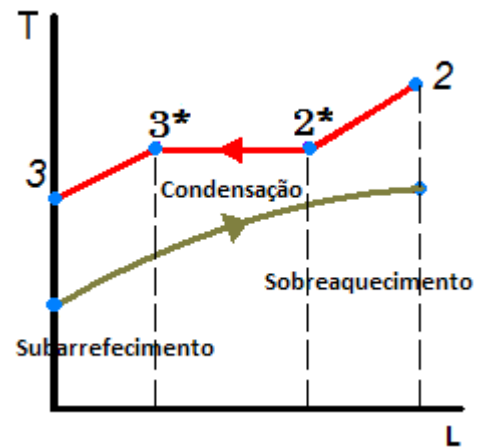
Detalhes compressor			
HSN6451-40-40P		Temp. Evaporação SST	-30.0°C
 <p>Abb. ähnlich / Fig. similar, © Bitzer</p>		Temp. Condensação SDT	42.0°C
		Tipo do compressor	Comp. Parafuso, semi-hermético
		Refrigerante	R404A
		Temperatura de referência	Ponto de Orvalho
		Capac. Frigorífica	31.2 kW
		Método de subresfriamento	Naturalmente
		Tensão Elétrica	50 Hz / 400 V
		Subresfriamento do líquido (após o condensador)	5.0K
		Superaquecimento do gás Sucção	10.0K
		Superaquecimento útil	100%
		Método de resfriamento do óleo	Resfriador de óleo externo (Padrão)
		Temperatura do gás de descarga	80.0°C
Capac. Frigorífica	33.7 kW	Deslocamento (2900 RPM 50 Hz)	140 m³/h
Capac. Frigorífica *	30.9 kW	Deslocamento (3500 RPM 60 Hz)	168 m³/h
Capacidade Evaporador	33.7 kW	Voltagem do motor (outras sob consulta)	380-415V PW-3-50 Hz
Potência absorvida	29.2 kW	Máxima corrente de trabalho	65.0 A
Corrente (400V)	49.5 A	Corrente de partida (rotor bloqueado)	187.0 A D / 313.0 A DD
Faixa de Tensão	380-415V	Peso	234 kg
COP/EER	1.15	Pressão máxima (LP/H)	19 / 28 bar
COP/EER*	1.06	Conexão da linha de sucção	54 mm - 2 1/8"
Vazão em massa	1178 kg/h	Conexão da linha de descarga	42 mm - 1 5/8"
Modo de operação	Padrão	Adaptador para válvula de serviço ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Vazão de óleo	1.36 m³/h	Tipo de óleo R404A	B150SH, B100 (Option)
Saída do resfriador de óleo	71.8 °C	Controle do fluxo de óleo	SE-B2 (Standard)
Carga Térmica Resfriador de Óleo	5.73 kW	Proteção da temperatura de descarga do gás	Standard
Temperatura de descarga sem resfriamento	93.3 °C	Alívio de partida	Standard
Nível de potência sonora (-35°C / 40°C)	86,5 dB(A)	Controle de capacidade	100-75-50% (Standard)
Nível de pressão sonora @ 1m (-35°C / 40°C)	78,5 dB(A)	Válvula de sucção	Standard
Proteção do motor	SE-E1 (Standard)	Válvula de descarga	Option
Proteção do motor	SE-C1 (Option)	Conexão ECO com válvula de serviço	Option
Classe da proteção	IP54	*segundo EN 12900	

(Tabela 54 – Características do compressor)

9.5 Condensador

Este equipamento tem a responsabilidade de processar a energia acumulada no fluido frigorífero e libertá-la para o exterior do circuito (fonte fria). A energia é libertada no condensador em três zonas distintas:

- ❑ Eliminação do sobreaquecimento do vapor frigorífero (2-2*).
- ❑ Condensação do frigorífero, com a sua passagem da fase gasosa à fase líquida (2*-3*).
- ❑ Subarrefecimento do frigorífero (3*-3).



(Figura 85 – Transformações do fluido no condensador)

Optou-se por um condensador arrefecido a água, do fabricante nacional “Bitzer” modelo “K373HB”, seleccionado após introdução dos dados de projecto no programa “Bitzer Software” do fabricante.

Seleção do condensador: Condensadores a Água

Série Resistentes à água do mar
Refrigerante R404A

Valores de entrada

Capacidade Condensador	30.02kW
Agente Refrigerante	Água
Temp. de condensação	42°C
Temp. de entrada da água	32°C
Sub-resfriamento do líquido	5K
Fator de encrustação	0.000045m²K/W

Resultado

Condensador modelo	K373HB
Número de passos	4
Capacidade Condensador	30.1 kW
Capac. Máxima permitida	54.6 kW
Temp. de condensação	42.0 °C
Temp. de saída da água	37.6 °C
Vazão em volume	4.67 m³/h
Vazão em volume mínima	1.07 m³/h
Vazão em volume máxima	5.36 m³/h
Taxa de fluxo	2.18 m/s
Perda de carga	0.61 bar



(Tabela 55 – Características do condensador)

Nota:

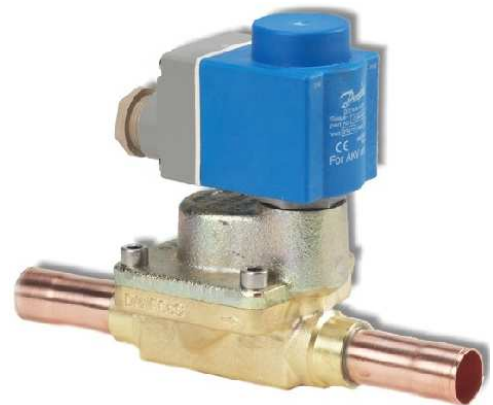
Na selecção de todos os equipamentos (evaporador, compressor, condensador, etc.) o software do fabricante pergunta ao utilizador, quais as condições de funcionamento gerais que deseja na sua instalação (por exemplo a temperatura desejada no porão), ficando a cargo do software o cálculo dos gradientes que são necessários para cada unidade (ex: gradiente de temperatura entre o ar/serpentina para atingir a temperatura desejada).

9.6 Válvula de laminagem ou de expansão

O fluido frigorigéneo sofre uma laminagem neste equipamento, que consiste numa restrição à passagem do escoamento, acompanhado por uma queda de pressão, devido à perda de carga localizada e a um aumento da velocidade do escoamento. Este processo é irreversível, com a entalpia (específica) do fluido à entrada e à saída do “expansor” da válvula (orifício variável ou não) com o mesmo valor. Note-se que a entalpia não é constante em todo o processo, já que rigorosamente, só podemos definir variáveis termodinâmicas para estados de equilíbrio.

No caso do ciclo frigorífico a quebra de pressão é acompanhada por uma diminuição de temperatura, uma vez que o coeficiente de Joule-Thomson ($\mu > 0$) é maior que zero. O fluido entra no estado líquido e sai da válvula de expansão a duas fases (líquido e gasoso) e é no processo de evaporação que arrefece o remanescente.

Com base no fluido utilizado (R404A), potência frigorífica, diferença de pressão e temperatura de evaporação seleccionou-se a válvula electrónica de laminagem ou de expansão da marca “Danfoss” modelo AKV15-1.



(Figura 86 – Válvula de expansão)

9.7 Equipamento secundário

Para além do equipamento fundamental do circuito frigorífico (evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão) descrito anteriormente, o circuito é complementado com uma panóplia de equipamento dito secundário, mas fundamental para o bom funcionamento e desempenho da instalação, onde estão incluídos as válvulas de corte; os pressióstatos; controlo de nível do líquido do frigorigéneo; reguladores de pressão; visores; termóstatos; filtros, depósito líquido, separador de óleo, tubagens, sistema de controlo etc.

Sem a pretensão de apresentar em detalhe todo o equipamento que faz parte do circuito frigorífico, é de realçar a utilização de um separador de óleo (Marca: Brizer / Modelo: OA1854) e do permutador de calor de arrefecimento do óleo de lubrificação do compressor, arrefecido a água (Marca: Brizer / Modelo: OW401), que um compressor deste tipo recomenda que se utilize, apresentados de seguida:



Abb. ähnlich / Fig. similar, © Bitzer

separador: OA1854 (1x)

Resultado

Temp. Evaporação SST:	-30.0°C
Temp. Condensação SDT:	42.0°C
Máximo fluxo de massa HP	3348 kg/h
fluxo de massa	35.2%
Máx. volume de óleo	3.10 m³/h
carga de óleo	43.9%

Dados Técnicos

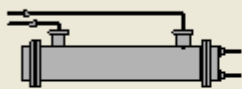
Peso	54 kg
	352 mm
	516 mm
Peso total	724 mm
Carga de óleo	18 l
Capacidade de refrigerante do tanque	40 l
Entrada do refrigerante	54 mm- 2 1/8"
Saída do refrigerante	42 mm- 1 5/8"
saída de óleo	22 mm- 7/8"
Pressão máxima	28 bar
Max. Temperatura de Operação	120°C
Resistência de aquecimento de óleo	1x140 W
Controle de nível de óleo	Standard
Conexão da válvula de alívio de pressão	1 1/4" - 12 UNF
Aprovado de acordo com PED97/23/EC	Standard

(Tabela 56 – Características do separador de óleo)

Dados Técnicos resfriador de óleo a água: OW401

temperatura água:

32 °C



Dados Técnicos

Compressor HSN6451-40
resfriador de óleo recomendado (A OW401)
resfriador de óleo recomendado (B OW401)
seleção resfriador de óleo: OW401

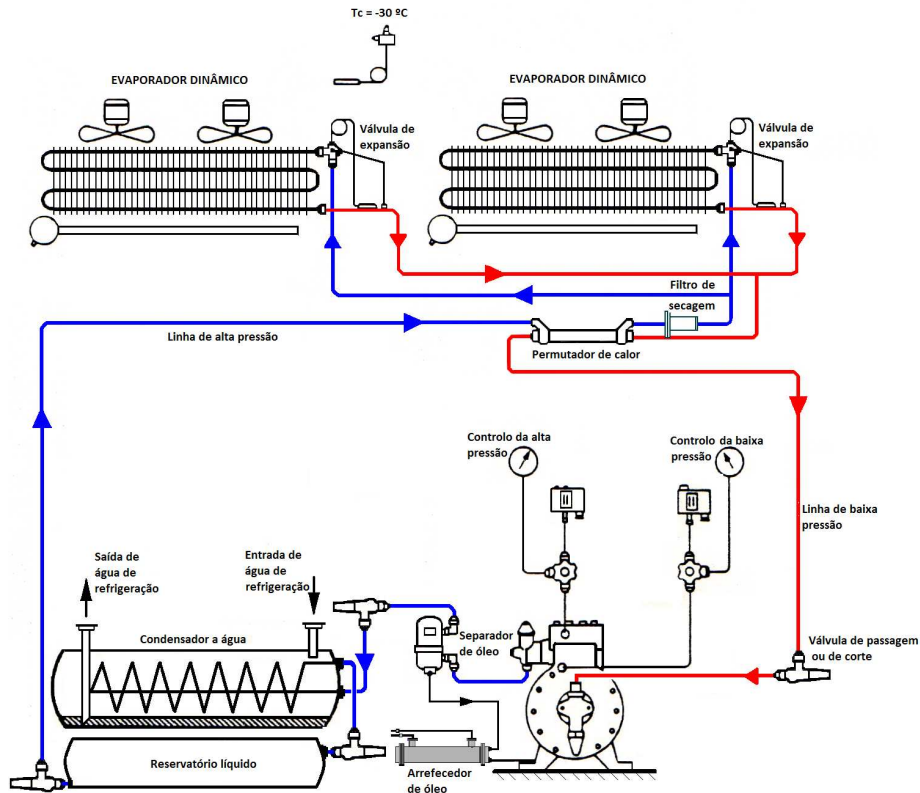
Capacidade do resfriador de óleo	5.73 kW
Carga do resfriador de óleo	23.40%
Máx. volume de óleo	4.80 m³/h
carga de óleo	28.36%

Peso	32 kg
Comprimento	863 mm
	176 mm
Peso total	310 mm
Diâmetro do envoltório do tubo	159 mm
Conexão de óleo	22 mm
Entrada do agente congelante (2 passes)	2xR 3/4"
Saída do agente congelante (2 passes)	R 1"
Entrada do agente congelante (4 passes)	R 3/4"
Saída do agente congelante (4 passe)	R 3/4"
Carga de óleo	10,5 dm3
Carga de refrigerante	2,2 dm3
Max pressão lado óleo	28 bar
Max pressão lado refrigerante	10 bar

(Tabela 57 – Características do arrefecedor de óleo)

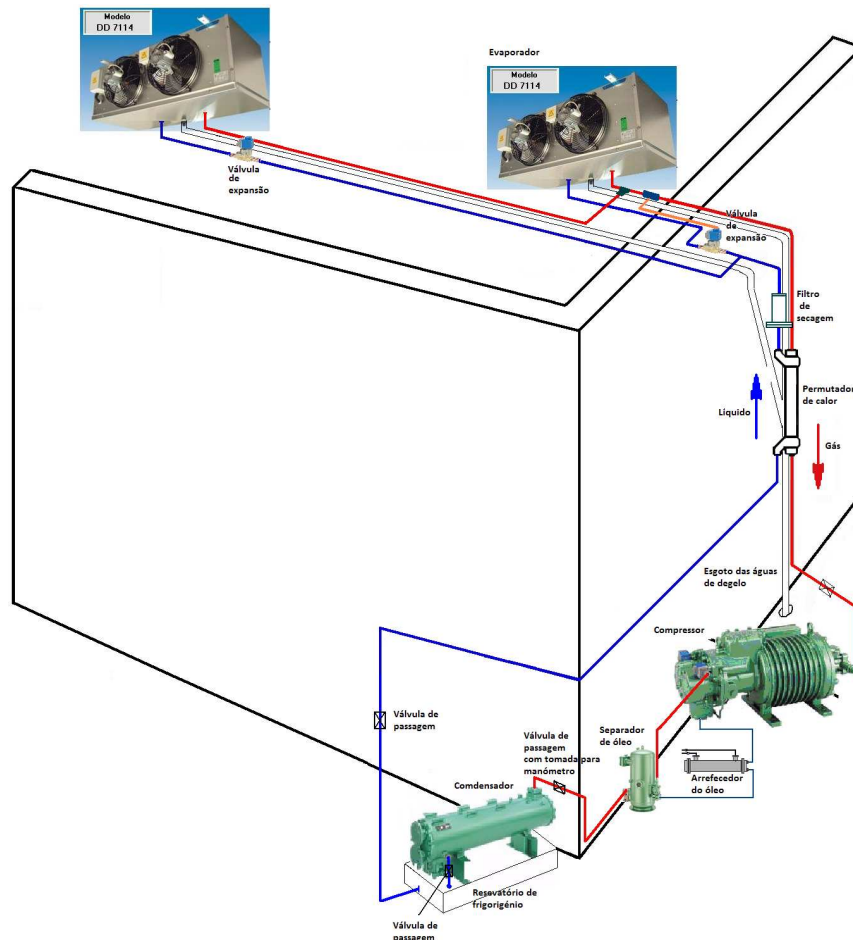
9.8 Esquema da instalação

De forma simplificada, o posicionamento dos elementos fundamentais no circuito frigorífico do porão frigorífico são apresentados nos esquemas seguintes:



(Figura 86 – Esquema do circuito frigorífico)

(Figura 88 – Esquema do circuito frigorífico)



Conclusões

Com base na proposta de tema “Projecto de Unidade de Transformação de Pescado num Barco Frigorífico” e respectivos objectivos orientadores, efectuada pelo “Departamento de Engenharia Mecânica” do “Instituto Superior de Engenharia de Lisboa” nasce o presente trabalho de projecto.



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DISSERTAÇÃO, TRABALHO DE PROJECTO OU ESTÁGIO DE NATUREZA PROFISSIONAL

Ano Lectivo: 2007 / 2008 Perfil: REFRIGERAÇÃO

Temática: "Projecto de Unidade de Transformação de Pescado"

Dissertação Trabalho de Projecto Estágio de Natureza Profissional

Orientador: António Manuel Matos Guerra Interno Externo

Co-orientador: Francisco Manuel Gonçalves dos Santos Interno Externo

Co-orientador: Interno Externo

Local de Realização: ISEL-DEM

Objectivos:

1. Pesquisar sobre as exigências técnico-funcionais e higio-sanitárias para unidade de transformação de pescado
2. Caracterizar toda a fileira do pescado integrado na cadeia de frio
3. Dimensionar e otimizar os meios de refrigeração e/ou congelação e de conservação, e os isolamentos térmicos
4. Realizar o balanço térmico dos espaços frigoríficos e climatizados, e escolher os meios de produção e de utilização de frio
5. Elaborar lay-out, memória descritiva, peças desenhadas da unidade de transformação de pescado

Aprovado pela Comissão Coordenadora do
Ciclo de Estudos

ISEL/DEM, 15 / 07 / 08

O Coordenador da CCCE

Prof. Doutor João Manuel Ferreira Calado

O projecto foi tomando corpo e gravitando em redor desta proposta, analisou-se o sector de pescas em Portugal, sobre o ponto de vista da sua importância histórica e peso na actividade económica actual, a fim de se aferir se é um sector com futuro, onde a engenharia possa intervir para o seu desenvolvimento e a economia o olhe como uma actividade onde valha a pena investir.

Conclui-se que a actividade é sustentável economicamente, bastando para isso aproveitar o mercado interno subaproveitado e investir na modernização da frota pesqueira, rentabilizando a produção nas unidades de pesca e parcerias com as nações de expressão Portuguesa.

Chegado a esta conclusão, haveria agora que escolher o tipo de embarcação e espécie alvo de captura. Da análise dos barcos pesqueiros e espécies com interesse económico para Portugal, optou-se por um arrastão de captura de crustáceos pela popa de média envergadura.

Nesta “Unidade de Transformação de Pescado” rentabilizou-se o projecto a nível energético; optou-se por soluções amigas do ambiente; minimizou-se o manuseamento do pescado, respeitando o princípio do “tripé frigorífico”; inovou-se a cadeia de produção diminuindo os tempos de produção, tornando a embarcação economicamente viável, com respeito às boas práticas “técnico-funcionais” e “higio-sanitárias”. Da aplicação destes pressupostos realço os resultados:

- ❑ Optimização do espaço útil no “lay-out” para as actividades produtivas e de movimentação dos operadores a bordo.
- ❑ Projecção do circuito produtivo sem cruzamentos e problemas “higio-sanitários”.
- ❑ Melhoria das condições “técnico-funcionais” e de segurança em todo o circuito produtivo, aumentando a produtividade e eficácia das actividades produtivas.
- ❑ Recepção do pescado directamente para o tanque de lavagem, com descarga do produto por gravidade no tapete rolante de encaminhamento do produto para a calibragem (sem consumo energéticos, menos mão-de-obra, conservação das qualidades do produto e garantia de eficácia “higio-sanitária”).
- ❑ Cálculo do isolamento do porão frigorífico com um fluxo térmico unitário diário máximo de 25 KJ/(h.m²), seguindo as recomendações da F.A.O./ I.I.F., de poupança de energia e obtenção da melhor relação custo/benefício.
- ❑ Escolha do R404A como fluido frigorígeno, o qual possui propriedades termodinâmicas que dão garantias de rentabilização energética na produção de frio (produção frigorífica específica elevada, eficiente na permuta de energia térmica).

- ❑ Circuito frigorífico do porão com recurso a um “permutador de calor” entre a linha de alta e baixa pressão, compensando a opção de projecto por um ciclo de 1 andar de compressão (menos complexo, de fácil manutenção e de menor investimento inicial) em alternativa de um ciclo de 2 andares (mais económico na fase de exploração).
- ❑ Utilização de 2 evaporadores estrategicamente colocados no porão frigorífico que garantem o rápido arrefecimento do produto, melhorando a eficácia da circulação de ar e a homogeneização da temperatura do porão.
- ❑ O fluido frigorigéneo escolhido é inofensivo para a camada de ozono e, em caso de fuga, não coloca em causa a saúde da tripulação, não é inflamável, não é explosivo e enquadra-se nos normativos dos regulamentos comunitários.
- ❑ O isolamento térmico do porão é 100% reciclável e não coloca qualquer problema na reparação ou substituição do isolamento, quando houver exigência de ir ao estaleiro para manutenção.
- ❑ Porão com armação de suporte para painéis isolantes, facilitando a sua manutenção, a passagem de cablagem e tubagem técnica e garantindo uma eficaz barreira ao vapor.
- ❑ Utilização do congelador de placas horizontais de elevada eficiência energética, evitando-se o esforço energético do circuito do porão frigorífico.
- ❑ Ciclo produtivo de congelação que permite uma maior rotação, garantindo os períodos de captura de ponta, dado que a actividade não é uniforme.
- ❑ Armário frigorífico de placas com acesso por ambos os lados e de fácil manuseamento, com sentido de fluxo de produto unidireccional, evitando-se cruzamentos de produtos e de circuitos, o que garante uma maior eficiência e produtividade.
- ❑ Inovação no sistema de armazenamento do pescado em paloxes adaptadas às características do porão, beneficiando a qualidade do pescado e diminuindo a perdas por esmagamento ou por deterioração, em todo o circuito após o processo de congelação.
- ❑ Inovação no mecanismo semi-mecânico de estiva do porão frigorífico (“estrutura de estiva”, amarração da carga, guias orientadoras de colocação da carga) que permite uma melhor estiva com aumento da densidade de armazenagem, melhor arrumação da carga e maior facilidade para a descarga do produto, com efectivo aumento de produtividade na descarga e diminuição do tempo de atracação da embarcação no porto de pesca, com as eventuais vantagens económicas e financeiras.

- ❑ As inovações ao nível da lavagem, encaminhamento, armazenamento e descarga dos crustáceos melhoram em muito a rentabilidade funcional e operacional da embarcação, com aumento elevado da produtividade económica da embarcação de pesca, garantindo uma maior competitividade no sector da pesca.
- ❑ A versatilidade dos meios de produção de frio da embarcação, permitem-lhe adaptar-se a futuros desafios e a diferentes condições de produção, acompanhando as flutuações da sazonalidade da captura.

As vantagens conseguidas viabilizam economicamente a embarcação, respeitam a legislação, a segurança e o meio ambiente permitindo uma:

- ❑ Diminuição dos custos de atracação em portos de pesca.
- ❑ Diminuição dos custos da actividade produtiva.
- ❑ Diminuição dos encargos com o pessoal.
- ❑ Diminuição dos custos com combustível.
- ❑ Diminuição dos tempos de descarga do pescado.

Bibliografia

- ❑ **União Europeia** - “Regulamentos da União Europeia (CE) nº 852/2004, 853/2004 e 854/2004”
- ❑ **Food and Agriculture Organization of the United Nation** – Conceção e Exploração de Entrepostos Frigoríficos
- ❑ **Food and Agriculture Organization of the United Nation** – Exploração Sustentável das Pescas
- ❑ **Food and Agriculture Organization of the United Nation** – Embarcações
- ❑ **Pesca Nova** – Publicações sobre pescado
- ❑ **Garrido, Álvaro** – “Economia e Política das Pescas Portuguesas”
- ❑ **Garrido, Álvaro** – “Portugal no Mar”
- ❑ **Mendes, António Martins** – “Pescas em Portugal”
- ❑ **Creus, J. Alarcon** – “Tratado Prático de Refrigeração Automática”
- ❑ **Gonçalves dos Santos, Francisco M.** – “Instalações Frigoríficas”
- ❑ **Melicion, Óscar** – “Tecnologia de Pescado”
- ❑ **Marques, Vieira** – “Termotecnia”
- ❑ **Vicente Nunes, Eduardo António Oliveira** – “Transmissão de calor”
- ❑ – “Le Nouveau Pohlmann / Manuel Technique du Froid”
- ❑ **Dossat, Roy J.** – “Princípios de Refrigeração”
- ❑ **Giec, Kurt** – “Manual de Fórmulas Técnicas”
- ❑ **Marques, Rui Santos** – “Instalações Frigoríficas”
- ❑ **Ventura, João** – “Termodinâmica I e II”
- ❑ **Marreiros, Susana** – “Termodinâmica I e II”

Índice de Figuras

- Figura 1 – Território Nacional (2)
- Figura 2 – Zona Económica (2)
- Figura 3 – Arrastão de popa Wiesbaden (4)
- Figura 4 – Artes de pesca (4)
- Figura 5 – Palangreiros (5)
- Figura 6 – Calagem e captura de atum (5)
- Figura 7 – Alagem de atum (5)
- Figura 8 – Atuneiro palangreiro (6)
- Figura 9 – Cercadores (7)
- Figura 10 – Embarcação com rede de deriva (8)
- Figura 11 – Rede de deriva (8)
- Figura 12 – Arrastão lateral (10)
- Figura 13 – Arrastão fábrica pela popa (10)
- Figura 14 – Arrastão navio-fabrica de popa (11)
- Figura 15 – Arrastão congelador de popa (11)
- Figura 16 – Bacalhoeiro “Santo-André” (11)
- Figura 17 – Arrastão lateral congelador (11)
- Figura 18 – Arrastão plumas de camarão (12)
- Figura 19 – Arrastões de parelha (12)
- Figura 20 – Arrastão pela popa congelador (15)
- Figura 21 – Vista longitudinal (16)
- Figura 22 – Vista longitudinal (17)
- Figura 23 – Castelo e Ponte (18)
- Figura 24 – Convés (19)
- Figura 25 – Corte de flutuação (20)
- Figura 26 – Circuito produtivo (21)
- Figura 27 – Tanque de lavagem (21)
- Figura 28 – Elementos de embalagem (23)
- Figura 29 – Recepção do pescado (25)
- Figura 30 – Transporte do pescado (26)
- Figura 31 – Linha do pescado (26)
- Figura 32 – Armazenamento de embalagens (27)
- Figura 33 – Congelador de placas (27)
- Figura 34 – Lavatório de mãos (28)
- Figura 35 – Formulário de auditoria (34)
- Figura 36 – Câmara fria (36)
- Figura 37 – Arca frigorífica (36)
- Figura 38 – Túnel de vento (37)
- Figura 39 – Túnel de congelação (37)
- Figura 40 – Armário Vertical (38)
- Figura 41 – Armário Horizontal (38)
- Figura 42 – Cabine (38)
- Figura 43 – Unidade de congelação (39)
- Figura 44 – Salmoura (39)
- Figura 45 – Congelação criogénica (40)
- Figura 46 – Curva congelação da H₂O (41)
- Figura 47 – Curva de congelação da sacarose (42)
- Figura 48 – Estrutura celular camarão (43)
- Figura 49 – Cristalização (43)

- Figura 50 – Tecido celular (44)
- Figura 51 – Cristalização (44)
- Figura 52 – Embalagem (45)
- Figura 53 – Paloxe (46)
- Figura 54 – Paloxe em carga (47)
- Figura 55 – Estrutura de estiva (47)
- Figura 56 – Pormenor de fecho (48)
- Figura 57 – Dimensões da estrutura de estiva (48)
- Figura 58 – Armação do porão frigorífico (50)
- Figura 59 – Planta do porão frigorífico (51)
- Figura 60 – Carga máxima do porão (52)
- Figura 61 – Carga normal do porão (52)
- Figura 62 – Esquema de estiva (53)
- Figura 63 – Dados do evaporador (65)
- Figura 64 – Esquema da circulação do ar (65)
- Figura 65 – Variação das propriedades dos isolantes (69)
- Figura 66 – Painéis isolantes (70)
- Figura 67 – Propriedades do EPS (71)
- Figura 68 – Marcação do EPS (72)
- Figura 69 – Teor de humidade do EPS (73)
- Figura 70 – Características do EPS (74)
- Figura 71 – Comportamento ao fogo do EPS (74)
- Figura 72 – Congelador horizontal de placas (79)
- Figura 73 – Congelador horizontal de placas (85)
- Figura 74 – Dimensões do congelador (86)
- Figura 75 – Interior do congelador de placas (87)
- Figura 76 – Placas do congelador (88)
- Figura 77 – Esquema do circuito hidráulico (89)
- Figura 78 – Carga e descarga do congelador (90)
- Figura 79 – Carga por estação (92)
- Figura 80 – Ciclo de Carnot (95)
- Figura 81 – Ciclo real (96)
- Figura 82 – Diagrama de Mollier para 404A (102)
- Figura 83 – Dimensões do evaporador (103)
- Figura 84 – Diagrama psicrométrico para temperaturas negativas (104)
- Figura 85 – Transformações do fluido no condensador (106)
- Figura 86 – Válvula de expansão (107)
- Figura 87 – Esquema do circuito frigorífico (109)
- Figura 88 – Esquema do circuito frigorífico (109)
- Figura 89 – Objectivos do trabalho de projecto (110)

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Área de distribuição (13)
Tabela 2 – Recursos pesqueiros (13)
Tabela 3 – Transmissão por condução (34)
Tabela 4 – Transmissão por convecção (35)
Tabela 5 – Transmissão por radiação (35)
Tabela 6 – Distribuição das caixas por paloxe (46)
Tabela 7 – Carga por paloxe (47)
Tabela 8 – Elementos da estrutura (48)
Tabela 9 – Área do porão (51)
Tabela 10 – Volume do porão (51)
Tabela 11 – Volume útil do porão (53)
Tabela 12 – Carga máxima do porão (54)
Tabela 13 – Densidade do porão (54)
Tabela 14 – Tabela Geral (54-55)
Tabela 15 – Tabela de temperaturas (56)
Tabela 16 – Perdas através das paredes (57)
Tabela 17 – Área total do porão (58)
Tabela 18 – Fluxo térmico (58)
Tabela 19 – Perdas diárias pelas paredes (59)
Tabela 20 – Perdas diárias devidas ao ar exterior (60)
Tabela 21 – Perdas diárias devidas à entrada de produto (61)
Tabela 22 – Perdas diárias devidas à estiva (62)
Tabela 23 – Perdas diárias devidas à iluminação (63)
Tabela 24 – Perdas diárias devidas à fontes diversas (63)
Tabela 25 – Perdas totais diárias (63)
Tabela 26 – Carga térmica horária total (64)
Tabela 27 – Perdas do motoventilador (66)
Tabela 28 – Perdas das resistências (66)
Tabela 29 – Perdas do evaporador (66)
Tabela 30 – Carga térmica corrigida (67)
Tabela 31 – Coeficientes de transmissão dos principais isolantes (67)
Tabela 32 – Coeficientes de transmissão (68)
Tabela 33 – Condutividade térmica (68)
Tabela 34 – Espessuras de isolamento do EPS (76)
Tabela 35 – Espessuras de isolamento do Poliuretano (77)
Tabela 36 – Comparativo de isolamentos (77)
Tabela 37 – Tipos de captura (80)
Tabela 38 – Propriedades termodinâmicas dos crustáceos (81)
Tabela 39 – Calor sensível de arrefecimento (81)
Tabela 40 – Calor latente de congelação (82)
Tabela 41 – Calor sensível de congelação (83)
Tabela 42 – Energia requerida ao congelador (83)
Tabela 43 – Carga térmica total do congelador (84)
Tabela 44 – Abertura dos pratos do congelador (91)
Tabela 45 – Características do modelo Freze-Cel (92)
Tabela 46 – Quantidade de produto por estação (93)
Tabela 47 – Quantidade de produto por congelador (93)
Tabela 48 – Quantidade de produto congelado diariamente (93)
Tabela 49 – Quantidade de congeladores (94)
Tabela 50 – Composição do R404A (99)

Tabela 51 – Propriedades do R404A (99)

Tabela 52 – Coeficiente global de transmissão do evaporador (103)

Tabela 53 – Caudal de água retirado por período de descongelação (104)

Tabela 54 – Características do compressor (105)

Tabela 55 – Características do condensador (106)

Tabela 56 – Características do separador de óleo (108)

Tabela 57 – Características do arrefecedor de óleo (108)

Uma palavra de apreço à minha esposa e ao meu filho Diogo pela paciência que tiveram nestes meses de preparação do trabalho de mestrado.

Os meus sinceros agradecimentos ao Eng.º Matos Guerra pela sua atenciosa ajuda e em especial ao Eng.º Francisco Gonçalves dos Santos pela sua ajuda, orientação, paciência e gentileza.