



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
Faculdade de Engenharia Curso de  
Engenharia Mecânica

JAQUELINE MAMEDIO DOS ANJOS

**PROJETO DE UMA CÂMARA FRIA PARA ARMAZENAMENTO DE  
LARANJAS**

DOURADOS  
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
Faculdade de Engenharia Curso de  
Engenharia Mecânica

JAQUELINE MAMEDIO DOS ANJOS

**PROJETO DE UMA CÂMARA FRIA PARA ARMAZENAMENTO DE  
LARANJAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientador: Prof. Dr. Liomar de Oliveira Cachuté

Área de concentração: 3.05.01.01-6  
Transferências de Calor

DOURADOS  
2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

---

**ANEXO D - AVALIAÇÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aluno: **JAQUELINE MAMEDIO DOS ANJOS**

Título do trabalho e subtítulo (se houver): **PROJETO DE UMA CÂMARA FRIA  
PARA ARMAZENAMENTO DE LARANJAS.**

**BANCA EXAMINADORA**

**1. Presidente (orientador):**

Prof. Dr. Liomar de Oliveira Cachuté, Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

**2. Membro:**

Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD

**3. Membro:**

Prof. Dr. Rodrigo Borges Santos, Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

De acordo com o grau final obtido pelo aluno, nós da banca examinadora, declaramos Aprovada o aluno acima identificado, na componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso (TCC-II) de Graduação no Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Grande Dourados.

Dourados, 27 de junho de 2022.

---

Prof Dr. Liomar de Oliveira Cachuté

---

Assinatura do Avaliador  
Prof. Dr. Rafael Ferreira Gregolin

---

Prof. Dr. Rodrigo Borges Santos

## RESUMO

O presente estudo avaliou a viabilidade da implantação de uma câmara frigorífica para o armazenamento de laranjas, para produtores que tem uma grande produção e colheita da fruta, onde acabam tendo a necessidade de armazená-las para não danificar as suas propriedades físicas e químicas. Sendo assim poder entregar para cooperativas garantia de valores e prazo o seu produto. O levantamento de estudo é de uma câmara frigorífica com a capacidade de 10000 kg de armazenamento, onde foram feitos cálculos como a dimensão da câmara, potência de equipamentos instalados, isolamento térmico, e outros fatores.

**Palavras-chave:** Câmara frigorífica, produtor de laranjas, armazenamento de laranjas.

## **ABSTRACT**

The present study evaluated the feasibility of implementing a cold room for storage of oranges, for producers who have a large production and harvest of the fruit, where they end up having the need to store them so as not to damage their physical and chemical properties. Thus being able to deliver to corporatives guarantee of values and term of your product. The study survey is a cold room with a capacity of 10000 kg of storage, where calculations were made such as the dimension of the chamber, power of installed equipment, thermal insulation, and other factors

**Keywords:** Cold room, producer of oranges, storage of oranges.

## PROJETO DE UMA CÂMARA FRIA PARA ARMAZENAMENTO DE LARANJAS

**Jaqueline Mamedio dos Anjos, mamedanjos@gmail.com<sup>1</sup>**  
**Liomar de Oliveira Cachuté, liomarcachute@ufgd.edu.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados - Itahum, Km 12 , Cidade Universitária, Dourados –MS.

**Resumo.** *O presente estudo avaliou a viabilidade da implantação de uma câmara frigorífica para o armazenamento de laranjas, para produtores que tem uma grande produção e colheita da fruta, onde acabam tendo a necessidade de armazená-las para não danificar as suas propriedades físicas e químicas. Sendo assim poder entregar para corporativas garantia de valores e prazo o seu produto. O levantamento de estudo é de uma câmara frigorífica com a capacidade de 10000 kg de armazenamento, onde foram feitos cálculos como a dimensão da câmara, potência de equipamentos instalados, isolamento térmico, e outros fatores.*

**Palavras chave:** *Câmara frigorífica, produtor de laranjas, armazenamento de laranjas.*

**Abstract.** *The present study evaluated the feasibility of implementing a cold room for storage of oranges, for producers who have a large production and harvest of the fruit, where they end up having the need to store them so as not to damage their physical and chemical properties. Thus being able to deliver to corporatives guarantee of values and term of your product. The study survey is a cold room with a capacity of 10000 kg of storage, where calculations were made such as the dimension of the chamber, power of installed equipment, thermal insulation, and other factors.*

**Keywords:** *Cold room, producer of oranges, storage of oranges.*

### 1. INTRODUÇÃO

A primeira câmara fria foi construída de alvenaria, onde era chamada de caixa-de-gelo, a construção da mesma era composta por tijolo e um substrato similar ao cimento. O frio em seu interior era obtido a partir de gelo natural, que era produzido nas regiões mais frias durante o inverno, as paredes eram revestidas com palha para minimizar a perda térmica.

No ano de 1856 o australiano James Harrison, construiu a primeira máquina refrigeradora, utilizando o princípio da compressão a vapor. (ARBOIMOVEIS,2021)

A temperatura no interior da câmara fria varia de acordo com o produto armazenado, para os refrigerados a temperatura é em torno de 0°C, já para os congelados temperaturas cerca de -20°C, segundo Rogério Vilian há casos especiais, como exemplo para estocar flores ou maçãs, que podem operar a mais de 0°C, e túneis de congelamento que chegam a -40°C. (AECWEB,2022)

Para manter a temperatura adequada, a câmara fria precisa retirar o calor que foi adicionado no ambiente por diferentes fontes, essa diferença de calor que penetra no espaço durante a operação é nomeada de carga térmica. A carga térmica é influenciada pelo aquecimento produzido durante a operação do motor, ou pela presença de pessoas no interior da câmara.

As normas técnicas de câmaras frigoríficas são importantes para manter a integridade física dos colaboradores e dos produtos armazenado, as câmaras frigoríficas possuem exigências rígidas de temperatura e pressão, o que pode causar acidentes, e, além disso, quando não seguidas, ocasionam prejuízos financeiros para a empresa. Por isso é importante conhecer as principais normas técnicas para câmaras frigoríficas e garantir um bom funcionamento. (VISOFLEX,2022)

A Norma Regulamentadora NR36 (1978) é conhecida como a norma oficial para frigoríficos, uma das exigências da norma é que os ambientes frigoríficos tenham um especialista de segurança do trabalho, além disso a empresa deve disponibilizar EPIs para a segurança dos colaboradores.

A Norma Regulamentadora NR06 (1978), afirma que empresas precisam além de oferecer EPIs para seus funcionários, oferecer treinamento e capacitação para os que trabalham nesse tipo de ambiente.

Já a norma NR15 (2014), é específica para ambientes considerados insalubres, os quais pela lei, geram

um adicional de insalubridade na renumeração do funcionário, a norma predispõe regras de intervalos, tempo máximo trabalhando e quais os equipamentos necessários para a proteção do funcionário.

Por fim a norma NBR14701 (ABNT, 2001), estabelece critérios de armazenamento para diferentes tipos de produto, levando a consideração da necessidade de cada um. Também explica as responsabilidades de cada uma das partes no processo logístico, desde o momento de produção, armazenamento na câmara fria, até chegar ao seu destino final.

Para uma permanência da eficiência de qualidade de uma câmara fria está ligada diretamente ao seu projeto (dimensionamento, montagem, teste, operação e manutenção), onde devem ser consideradas devidas características como a temperatura de operação, sua finalidade se será para resfriamento ou congelamento, característica térmica do produto, local de instalação.

A Figura 1 abaixo é uma câmara fria modular.



**Figura 1.** Câmara fria modular (Fonte: GFRIIO).

## 2. OBJETIVOS

O presente projeto tem como objetivo o dimensionamento de uma câmara fria, para o armazenamento de laranjas, com a capacidade para 10000 kg de laranjas.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o dimensionamento do projeto de uma câmara fria, é necessário conhecer aonde será instalado, obter os cálculos da carga térmica, verificar a sua funcionalidade se será para resfriamento ou congelados. É necessário também verificar qual será o volume que será armazenado de laranjas na câmara fria, saber aplicar todas as normas e técnicas.

## 4. DIMENSIONAMENTO DA CÂMARA FRIA

### 4.1. Dados Preliminares

Para realizar o dimensionamento e o cálculo da carga térmica da câmara frigorífica para o armazenamento de 10000 kg de laranjas, foram dadas as seguintes especificações:

- Carga de ocupação 10000 kg;
- Temperatura externa 29,3°C;
- Temperatura de entrada do produto 25°C;
- Projeto voltado para resfriamento de produto;
- Cidade Dourados –MS;
- Umidade relativa do ar média 71%;
- Altitude 430 m;
- Locada em um galpão, com o piso nivelado;

- Câmara fria modular.

A Tabela 1 mostra o clima do local de onde será instalada a câmara fria, pois sempre que houver um projeto de dimensionamento de uma câmara fria deve-se levar em consideração o clima do local.

**Tabela 1.** Especificações do Local

Cidade	Temperatura Média	Umidade Relativa	Altitude
Dourados	29,3°C	71%	430m

Fonte: Guia Clima.

A Tabela 2 apresenta as propriedades térmicas e físicas da laranja, necessárias para o desenvolvimento dos cálculos para o dimensionamento da câmara fria

**Tabela 2.** Propriedades térmicas e físicas da laranja

Produto	Ti	φ	Tc	C1	C2	L	R	t	ρ
Laranja	0,0 – 1,0	85 – 90	-2,2	0,90	0,46	69	0,22	56-84	500

Fonte: Parsons & Forman (1985).

Onde:

Ti – Temperatura inicial do produto [°C];

φ – Fluxo de calor [E];

Tc – Temperatura de congelamento do produto [°C];

C1 – Calor específico do produto antes do congelamento [Kcal/kg°C];

C2 – Calor específico após o congelamento [Kcal/kg°C];

L – Aplicação [°C];

R – Calor de respiração do produto [ Kcal/kg.dia];

t – Teor de umidade [%];

ρ – densidade [kg/m³]

#### 4.2. Dimensionamentos da Câmara Fria

Foi utilizado a Equação 1, para obter o volume de laranjas armazenado.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

Onde:

V – Volume [m³];

m – Massa [kg];

ρ- Densidade [kg/m³]

Substituindo os dados na Equação 1 obtemos:

$$V = 20 \text{ m}^3$$

Após encontrar o volume de laranjas armazenadas na câmara fria, com a Equação 2 obtemos o volume de laranjas que serão armazenados em duas prateleiras.

$$V_p = \frac{V}{2} \quad (2)$$

Onde:

V<sub>p</sub> – Volume em cada prateleira [m³];

V- Volume [m³]

Substituindo os dados na Equação 2 obtemos:

$$V_p = 10 \text{ m}^3$$

Em cada prateleira serão armazenados 10 m³ de laranjas. Considerando então a dimensão para cada



prateleira:

$C$  - Comprimento = 2,5m;  
 $L$  - Largura = 2m;  
 $A$  - Altura = 2m.

Para uma melhor organização foram consideradas as seguintes dimensões:

$C$  - Comprimento = 2m entre o vão e as prateleiras;  
 $L$  - Largura = 1m de afastamento entre as prateleiras;  
 $A$  - Altura = 1m entre o vão e o teto.

Para obter o volume da câmara fria foi utilizado a Equação 3.

$$V_c = c \cdot l \cdot a \quad (3)$$

Onde:

$V_c$  – Volume câmara fria [m<sup>3</sup>];  
 $c$  – Comprimento [m];  
 $l$  – Largura [m];  
 $a$  – Altura [m].

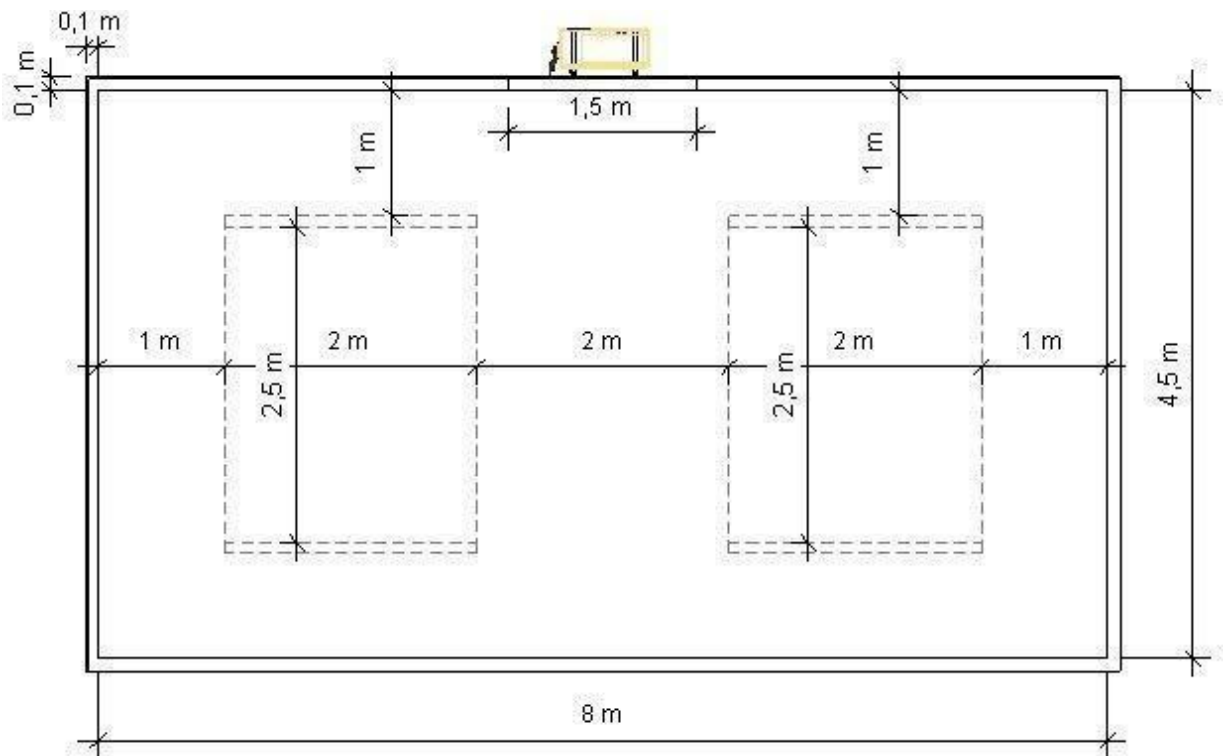
Substituindo os dados onde:

$c = 4,5$  [m];  
 $l = 8$  [m];  
 $a = 3$  [m].

Obtemos que o volume da câmara fria é:

$$V_c = 108 \text{ m}^3$$

A Figura 2 representa a planta baixa da câmara fria.



**Figura 2:** Planta baixa câmara fria (Fonte: Arquivo Pessoal)

Para obtermos a área da câmara fria utilizamos a Equação 4.

$$A = c \cdot l \quad (4)$$

Onde:

$A$  = Área [m<sup>2</sup>];

$c$  – Comprimento [m];

$l$  – Largura [m].

Substituindo os dados obtemos:

$$A = 36 \text{ m}^2$$

### 4.3. Determinação da carga térmica

#### 4.3.1. Carga térmica devido à transmissão de calor

Havendo diferença de temperatura entre o interior da câmara fria e o ambiente externo, ocorre um fluxo de calor através das paredes, piso e teto, que causa uma carga térmica a ser compensada pelo equipamento.

Essa diferença de carga térmica, devido à temperatura do ambiente externo e interno é calculada pela Equação 5.

$$\dot{Q} = A \cdot \frac{\Delta t}{R_T} \quad (5)$$

Onde:

$A$  - área [m<sup>2</sup>]

$\dot{Q}$  - Quantidade de calor transferida

$\Delta t$  - Capacidade térmica [cal/°C]

$R_T$  - Resistência térmica.

$R_T$  é a resistência térmica imposta ao fluxo de calor e é dada pela Equação 6.

$$R_T = \sum \frac{L}{K_A} \sum \frac{1}{h_A} \quad (6)$$

De forma simplificada foi adotado o valor de  $\frac{\dot{Q}}{A}$  como:

Isolamento excelente : 8,0 Kcal/h.m<sup>2</sup>

Isolamento bom: 10,0 Kcal/h.m<sup>2</sup>

Isolamento aceitável: 12,0 Kcal/h.m<sup>2</sup>

No projeto foi adotado o valor de 8,0 Kcal/h.m<sup>2</sup>.

Com esse valor fixado, e desprezando a resistência térmica imposta pelo ar externo, pela parede e pelo ar interno, pode-se então determinar a espessura do isolamento térmico, através da Equação 7:

$$L_i = \frac{K_i \Delta t}{\left(\frac{\dot{Q}}{A}\right)} \quad (7)$$

Onde:

$K_i$  - Condutividade térmica do material isolante [W/(m·K)];

$\Delta t$  - Diferença entre temperatura externa da câmara e a temperatura interna [cal/°C].

No projeto da câmara frigorífica foi utilizado painéis de poliuretano expandido de material isolante, por apresentar o dobro de resistência térmica em relação ao poliestireno.

Na Tabela 3 têm-se as propriedades de isolantes do poliestireno expandido e do poliuretano expandido.

**Tabela 3.** Propriedades de isolantes.

Propriedades	Poliestireno - expandido	Poliuretano - expandido
Condutividade térmica [kg/m <sup>3</sup> ]	0.030	0.020
Resistência a passagem de água	Boa	Boa
Resistência a difusão do vapor [%]	70	100
Segurança ao fogo	Pobre	Pobre
Resistência a compressão [Mpa]	2000	3000
Densidade [kg/m <sup>3</sup> ]	10 – 30	40
Custo	Baixo	Alto

Fonte: Oliveira (2021).

Conforme mostra a Tabela 3, a condutividade térmica do poliuretano é de 0,020Kcal/mh°C. Sabendo que a temperatura externa da câmara é 29,3°C, e que é necessária uma temperatura interna de 0°C, na câmara para manter as laranjas conservadas assim temos:

$$\Delta t = T_{ext} - T_{cam} \quad (8)$$

$$\Delta t = 29,3^{\circ}C$$

Substituindo esses valores na Equação 8 obtemos:

$$L_i = 0,07325 \text{ m} = 7,325 \text{ cm}$$

Após ter definido o isolante térmico e a sua espessura, para manter as laranjas conservadas, pode ser calculado a carga térmica devido à transmissão de calor com a Equação 9 abaixo:

$$\dot{Q}_{trn} = \frac{\dot{Q}}{A} \cdot A \cdot 24 \left[ \frac{Kcal}{dia} \right] \quad (9)$$

Onde temos uma área de A= 147m<sup>2</sup>

Substituindo na Equação 9 obtemos que a carga térmica devido a transmissão de calor será:

$$\dot{Q}_{trn} = 28,224 \left[ \frac{Kcal}{dia} \right]$$

#### 4.3.2. Calor devido à infiltração

Cada vez que a porta da câmara frigorífica é aberta, entra ar externo para o ambiente interno da câmara, que representa uma carga térmica adicional. A determinação exata desse volume é trabalhosa, com isso adota-se valores aproximados para o número de trocas por dia. O calor devido à infiltração calculado pela Equação 10:

$$\dot{Q}_{inf} = V_{cam} \cdot F_{TA} \cdot \Delta t \quad (10)$$

$V_{cam}$ - Volume da câmara [m<sup>3</sup>];

$F_{TA}$ - Fator de trocas de ar [trocas/dia];

$\Delta t$  - Calor cedido por cada metro cúbico de ar que entra na câmara [Kcal/m<sup>3</sup>].

Como calculado anteriormente temos que o volume da câmara é de 108 m<sup>3</sup>. Para encontrar o valor do fator de troca de ar por dia ( $F_{TA}$ ), usa-se a Tabela 4 abaixo:

**Tabela 4.** Fator de troca de ar de câmaras fria para a conservação

Câmaras para Produtos Resfriados				Câmaras para Produtos Congelados			
Volume	$F_{TA}$	Volume	$F_{TA}$	Volume	$F_{TA}$	Volume	$F_{TA}$
[m <sup>3</sup> ]	[trocas/dia]	[m <sup>3</sup> ]	[trocas/dia]	[m <sup>3</sup> ]	[trocas/dia]	[m <sup>3</sup> ]	[trocas/dia]
40	15,00	500	3,60	40	11,00	500	2,80
50	13,00	700	3,00	50	10,00	700	2,30
60	12,00	1000	2,50	60	9,00	1000	1,90
80	10,00	1200	2,20	80	8,00	1200	1,70
100	9,00	1500	2,00	100	7,00	1500	1,50
125	8,00	2000	1,70	125	6,00	2000	1,30
150	7,00	3000	1,40	150	5,50	3000	1,10
200	6,00	5000	1,10	200	4,50	5000	1,00
300	5,00	10000	0,95	300	3,70	10000	0,80
400	4,10	15000	0,90	400	3,20	15000	0,80

Fonte: Pirani (2022).

Interpolando os respectivos valores de  $F_{TA}$  da Tabela 4 tem-se para 108 m<sup>3</sup> valor de 8,68 trocas/dia.

A temperatura externa é de 29,3°C com uma umidade relativa de 71% e a temperatura interna na câmara e de 0°C.

Com esses dados pode ser dito que o valor cedido por cada metro cúbico de ar que entra na câmara ( $\Delta H'$ ) é de 25,63 Kcal/m<sup>3</sup>.

Após determinar todos os valores, substitui-se na Equação 10, onde será obtida a carga térmica devido à infiltração de calor como segue abaixo:

$$\dot{Q}_{inf} = 24.026,60 \left[ \frac{kcal}{dia} \right]$$

#### 4.3.3. Carga térmica devido aos produtos

O projeto é apenas para resfriar as laranjas, com isso é calculada somente o calor removido antes do congelamento, dada pela Equação 11 abaixo:

$$\dot{Q}_{ac} = M_p \cdot C_1 (T_p - T_c) \quad (11)$$

Onde:

$\dot{Q}_{ac}$  - Calor removido do produto no processo de resfriamento [Kcal/dia];

$M_p$  - Quantidade de produto que entra por dia [kg/dia];

$C_1$  - Calor específico do produto antes do congelamento [Kcal/kg°C];

$T_p$  - Temperatura inicial do produto [°C];

$T_c$  - Temperatura de congelamento do produto [°C].

Adotando que por dia entre na câmara fria 300 kg de laranja a 25°C, e com base nos dados da Tabela 2, obteve que a temperatura de congelamento de  $C_1$  é 0,90 Kcal/kg°C.

Substituindo os dados na Equação 11 obteve:

$$\dot{Q}_{ac} = 7.344 \left[ \frac{Kcal}{dia} \right]$$

Pelo fato do produto a ser estocado ser uma fruta fresca, deve ser considerado o valor produzido pelo metabolismo. Esse valor é chamado de calor de respiração que esta em função do produto e da temperatura, pois quanto mais baixa a temperatura do produto, menor será essa carga térmica.

Esse calor pode calcular pela seguinte Equação 12:

$$\dot{Q}_{respiração} = m \cdot r \quad (12)$$

Onde:

$\dot{Q}_{respiração}$  - Calor devido a respiração do produto [Kcal/dia];

$m$  - Massa total do produto armazenado [kg];

$r$  - Calor de respiração do produto [Kcal/kg.dia].

Sabendo-se que a quantidade total do produto é de 10000 kg, e com base na Tabela 2, tem-se que o calor de respiração da laranja é de 0,22Kcal/kg.dia.

Substituindo os valores na Equação 12:

$$\dot{Q}_{resp} = 2.200 \left[ \frac{Kcal}{dia} \right]$$

Com isso a carga térmica devido aos produtos será dada pela soma do calor do produto durante o resfriamento e o calor de respiração, dada pela Equação 13:

$$\dot{Q}_{produto} = \dot{Q}_{ac} + \dot{Q}_{resp} \quad (13)$$

$$\dot{Q}_{produto} = 9.544 \left[ \frac{Kcal}{dia} \right]$$

#### 4.3.4. Calor cedido por pessoas

As pessoas que entram na câmara fria também fornecem carga térmica que deve ser retirada pelo sistema, que é calculada pela Equação 14:

$$\dot{Q}_{pessoas} = (272 + 6 \cdot T_{cam}) \cdot t \cdot n \cdot 0,86 \quad (14)$$

Onde:

$\dot{Q}_{pessoas}$  - Calor emitido pelas pessoas [Kcal/dia];

$T_{cam}$  - Temperatura interna da câmara [°C];

$t$  - Tempo de permanência das pessoas na câmara [h/dia];

$n$  - Número de pessoas na câmara fria.

Para o cálculo do calor cedido por pessoas, foi considerado que duas pessoas irão trabalhar na câmara fria durante 3horas por dia. Sabendo que a temperatura interna da câmara fria é de 0°C, tem-se então que o calor cedido por pessoas é

$$\dot{Q}_{pessoas} = 1.403,52 \left[ \frac{kcal}{dia} \right]$$

#### 4.3.5. Carga térmica devido à iluminação

As lâmpadas da câmara fria também são caracterizadas como carga térmica, e para ser encontrada vamos utilizar a Equação 15:

$$\dot{Q}_{iluminação} = P \cdot N_i \cdot 0,86 \quad (15)$$

Onde:

$\dot{Q}_{iluminação}$  - Calor emitido pela iluminação [Kcal/dia];

$P$  - Potência das lâmpadas [W];

$N_i$  - Número de horas de funcionamento das lâmpadas [h/dia].

Para as dimensões da câmara fria serão utilizadas quatro lâmpadas de 65 W, que serão acessas quando houver alguém trabalhando dentro, ou seja, 3h por dia. Substituindo esses valores na Equação 15:

$$\dot{Q}_{iluminação} = 670,8 \left[ \frac{kcal}{dia} \right]$$

#### 4.3.6. Carga térmica devido aos motores dos ventiladores

A carga térmica devido aos motores dos ventiladores da evaporadora é outra fonte de calor que deve

ser retirada da câmara frigorífica, para se iniciar os cálculos deve-se primeiro definir qual o tipo de evaporadora será utilizado.

As evaporadoras são escolhidas após a definição da carga total do sistema que inclui o calor dissipado nos motores. Com isso será adotada a Tabela 5 para estimar a potência e o rendimento do motor.

**Tabela 5:** Calor dissipado por motores elétricos

Potência do Motor [cv]	Rendimento do motor [%]	Calor Liberado [Kcal/h.cv] (motor e carga na câmara)	Calor Liberado [Kcal/h.cv] (carga na câmara e motor fora)
Menor que ¼	≅ 60	1050 (1,221)	632 (0,735)
1/2 a 1,0	≅ 70	900 (1,046)	632 (0,735)
11/2 a 5,0	≅ 78	800 (0,930)	632 (0,735)
71/2 a 20	≅ 84	750 (0,872)	632 (0,735)
Acima de 20 cv	≅ 88	725 (0,843)	632 (0,735)

Fonte: Pirani (2022).

A Equação (16) determina a carga térmica devido aos motores dos ventiladores.

$$\dot{Q}_{vent} = \frac{\dot{W}_{vent}}{y_{vent}} \cdot t \cdot q \quad (16)$$

Onde:

$\dot{W}_{vent}$  - Potência total dos ventiladores [cv];

$t$  - Tempo de funcionamento dos ventiladores [h/dia];

$y_{vent}$  - Rendimento dos ventiladores;

$q$  - Calor liberado [Kcal/h. cv]

Considerando que o evaporador utilizado na câmara fria contenha três ventiladores funcionando 24h/dia e adotando que o motor seja de 1,0 cv. Consultando a Tabela 5, tem-se que o rendimento do motor será de 70% e o calor liberado por ele será de 632 Kcal/h. cv.

Então se tem:

$$\dot{Q}_{vent} = 21.668,57 \left[ \frac{Kcal}{dia} \right]$$

#### 4.3.7. Carga térmica total

O cálculo de carga térmica total normalmente é feito para 24h de funcionamento, no entanto o compressor do sistema de refrigeração não deve funcionar 24h por dia, o que deve ter um período de trabalho entre 16h à 20h de funcionamento. No projeto foi adotado que o compressor terá 20h de funcionamento ao dia para preservá-lo, e fazendo a substituição na Equação 17.

$$\dot{Q}_{total} = \frac{\dot{Q}_{trn} + \dot{Q}_{inf} + \dot{Q}_{prod} + \dot{Q}_{pes} + \dot{Q}_{itum} + \dot{Q}_{vent}}{tempo\ do\ compressor} \quad (17)$$

$$\dot{Q}_{total} = 4.276 \left[ \frac{Kcal}{h} \right]$$

Considerando um fator de tolerância de 10% a mais da carga total é:

$$\dot{Q}_{total} = 4.703,6 \left[ \frac{Kcal}{h} \right]$$

$$\dot{Q}_{total} = 18.652,9 \left[ \frac{BTU}{h} \right]$$

Conforme calculamos acima a carga térmica total, os equipamentos selecionados devem ter uma capacidade de aproximadamente 20000 BTU/h.

#### 4.4. Temperaturas de Evaporação e Condensação

Para a seleção dos componentes da câmara fria é necessário conhecer as temperaturas de evaporação e de condensação do sistema. É recomendável que a temperatura de evaporação seja de 6°C a 10°C menor que a temperatura da câmara fria, e que a temperatura de condensação seja de 8°C a 10°C maior que a temperatura do meio externo, com isso seguintes condições:

$$6 \leq T_{câmara} - T_{evaporador} \leq 10 [^{\circ}C]$$

$$8 \leq T_{condensação} - T_{câmara} \leq 10 [^{\circ}C]$$

Onde:

$T_{câmara}$  - Temperatura da câmara frigorífica [°C];

$T_{evaporador}$  - Temperatura de evaporação [°C];

$T_{condensação}$  - Temperatura de condensação [°C].

Como a temperatura da câmara fria é de 0°C, estima-se que a temperatura de evaporação seja de -7°C e para o sistema de condensação, onde a temperatura do meio externo é 29,3 °C, portanto a temperatura de condensação adotada será de 37,3°C.

### 5. Seleção dos Equipamentos

#### 5.1. Fluidos Refrigerante

O sistema de refrigeração utilizado funciona através do princípio conhecido como compressão de vapor. Um sistema típico de refrigeração é composto basicamente por quatro componentes sendo eles, compressor, condensador, evaporador e válvula de expansão, todos serão dimensionados logo abaixo.

A Figura 3 abaixo apresenta alguns fluidos refrigerantes e suas características.

Refrigerantes	R22	R404A	R507A	R134a	R410A	R407C	R422D	R427A	R717	R744	R290	R1270
Substância Natural	não	não	não	não	não	não	não	não	sim	sim	sim	sim
Nome Comercial	-	-	-	-	-	-	Isceon MO29	FX100	Amônia	Dióxido Carbono	Propano	Propileno
Fabricante	vários	vários	vários	vários	vários	vários	DuPont	Arkema	vários	vários	vários	vários
Composição química	CH <sub>2</sub> Cl	R143a/R125/ R134a	R143a/R125	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	R32 / R125	R32 / R125 / R134a	R125 / R134a / R600a	R32 / R125 / R143a / R134a	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
Destruição Camada Ozônio (ODP)*	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potencial Aquecimento Global (GWP)**	1500	3260	3300	1300	1725	1525	2230	1830	0	1	3	3
Temperatura Glide (K)	0	0,7	0	0	0,2	7,4	4,5	7,1	0	0	0	0
Ponto de Ebulição (°C)	-40,86	-47,0	-47,0	-26,07	-51,0	-40,0	-45,0	-43,0	-33,0	-57,0 (sublim.)	-42,0	-47,7
Temperatura Crítica (°C)	96,15	73,0	71,0	101,15	72,0	86,0	81,0	87,0	133,0	31,0	96,7	92,4
Pressão Crítica (bar)	50,54	37,8	37,9	40,67	49,5	46,5	39,08	44,0	113,5	73,8	42,48	46,65
Inflamabilidade	não	não	não	não	não	não	não	não	baixa	não	alta	alta
Toxicidade	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	baixa	alta	baixa	baixa	baixa
Tipo de óleo lubrificante***	MO/AB/ MO+AB	POE	POE	POE	POE	POE	MO/AB/POE	MO/AB/POE	MO/PAO	POE	MO/PAO/POE	MO/PAO/POE
Tipo de aplicação****	HT / MT / LT	MT / LT	MT / LT	HT	HT	HT	HT / MT / LT	HT / MT / LT	HT / MT / LT (Sist. Indiretos)	MT e LT	HT / MT / LT (Sist. Indiretos)	MT / LT (Sist. Indiretos)
Custo Relativo Refrigerante / Kg	1	3	4	2	4	3	8	10	0,1	0,1	0,1	0,1
Eficiência Energética Relativa Média (%)	100	99	102	97	95	100	95	95	105	120 (operação subcrítica)	102	101
Equipamentos (Retrofit)	————	Novos	Novos	Novos	Novos	Novos	Existentes	Existentes	Novos	Novos	Novos	Novos

Figura 3. Fluidos refrigerantes e suas características (Fonte: ELETROFRIGOR).

Como se pode observar na Figura 3 acima, o fluido refrigerante de menor custo é o R22, e como este apresenta um potencial alto de destruição na camada de ozônio (ODP), será adotado o fluido R-134<sup>a</sup> devido ao

seu baixo custo e não agredir a camada de ozônio

**5.2. Unidade Evaporadora**

Para escolher o tipo de unidade evaporadora para o projeto é necessário consultar catálogos e determinar a que tenha o menor custo e melhor eficiência.

Os parâmetros determinados são de uma carga térmica de  $\dot{Q}_{total} = 4703,6$  Kcal/h e a temperatura de evaporação será em torno de  $-7^{\circ}\text{C}$ . Com esses parâmetros foi definido que na câmara frigorífica será utilizada a unidade evaporada da fabricante DELTAFRIO modelo DF 15.47, conforme mostra Figura 4:



**Figura 4.** Unidade evaporadora (Fonte: RIBFRIO).

Foi escolhido esse modelo, pois é o que se enquadra para a câmara fria de até 3,5m de altura, e até 12.127 Kcal/h.

A evaporadora tem a função de absorver o calor do ambiente, que se desloca até o condensador pelo compressor, ela fica na parte interna do ambiente.

A Figura 5 abaixo apresenta as características da evaporadora da Deltafrío.

Modelo	Capacidade (Kcal/h)								Ventiladores					Degelo			Conexões			Dimensões equipamento			Peso (Kg)
	Temperatura de evaporação								Qtd.	Cor. (A)	Hélice (mm)	Flecha (m)	Vazão (m³/h)	Qtd.	Modelo	Cor. (A)	Entr. (pol)	Saída (pol)	Dreno (pol)	Comp. X (mm)	Altura Y (mm)	Prof. Z (mm)	
	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-35°C															
DF 15.15	502	465	449	424	404	385	370	364	1	0,5	254	10	997	1	A1-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	14
DF 15.17	866	793	759	708	672	640	618	609	1	0,5	254	10	956	1	A1-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	16
DF 15.19	1298	1176	1109	1024	966	917	883	871	1	0,5	254	9	914	1	A2-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	17
DF 15.25	1523	1375	1298	1199	1131	1075	1036	1022	2	0,9	254	10	1993	2	A1-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	24
DF 15.27	2583	2418	2299	2134	1989	1875	1790	1744	2	0,9	254	10	1911	2	A1-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	26
DF 15.29	3372	3142	2960	2761	2628	2508	2387	2296	2	0,9	254	9	1829	2	A2-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	28
DF 15.37	4149	3871	3643	3400	3214	3039	2892	2784	3	1,4	254	10	2867	3	A1-v2	13,5	1/2	5/8	1	1300	360	435	36
DF 15.39	5152	4777	4454	4159	3918	3633	3388	3189	3	1,4	254	9	2743	3	A2-v2	13,5	1/2	5/8	1	1300	360	435	38
DF 15.47	5549	5156	4813	4459	4174	3891	3637	3434	4	1,8	254	10	3822	4	A1-v2	18	1/2	5/8	1	1660	360	435	43
DF 15.49	6779	6317	5953	5556	5297	5060	4832	4659	4	1,8	254	9	3658	4	A2-v2	18	1/2	1	1	1660	360	435	48
DF 15.59	8673	8062	7556	7045	6743	6314	5969	5719	5	2,3	254	9	4572	5	A2-v2	22,5	1/2	1	1	2020	360	435	59
DF 15.69	10410	9643	9003	8538	7928	7376	6901	6523	6	2,7	254	9	5487	6	A2-v2	27	1/2	1	1	2380	360	435	70
DF 15.79	12111	11269	10582	9824	9460	8912	8457	8149	7	3,2	254	9	6401	7	A2-v2	31,5	1/2	1 1/4	1	2740	360	435	78
DF 15.89	13949	12964	12127	11407	10783	10080	9507	9078	8	3,6	254	9	7316	8	A2-v2	36	1/2	1 1/4	1	3100	360	435	88

Para medida da embalagem acrescentar as seguintes medidas: X + 20mm, Y + 90mm e Z + 20mm

**Figura 5.** Características da evaporadora da DELTAFRIO (Fonte: RIBFRIO).

**5.3. Unidade Condensadora**

A unidade condensadora selecionada possui capacidade de trabalho de acordo com a carga térmica total da câmara fria que é de  $\dot{Q}_{total} = 4703,6$  Kcal/h. Conforme Figura 6 abaixo será utilizada a unidade condensadora modelo Cd Super da fabricante Mipal que tem capacidade de trabalho de 5200Kcal/h.

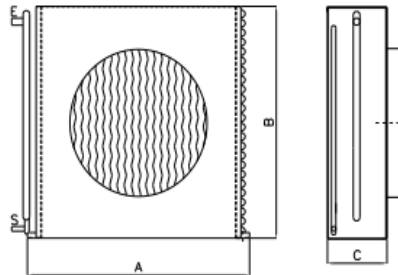


### Capacidades e Características

Modelos sem coifa • Opcional: Coifa e Motor											
Ref. Comercial	Capacidade	Vazão de ar	Hélice	Área de troca térmica	A	B	C	Entrada E	Saída S	Peso	
HP	Kcal/h	m³/h	mm	m²	mm	mm	mm	Ø pol	Ø pol	Kg	
34	3/4	1700	1200	254	5,2	385	325	130	1/2"	3/8"	21
100	1	2400	1800	300	7,3	510	425	130	1/2"	3/8"	24
150	1,5	3270	2500	350	9,7	510	425	150	1/2"	3/8"	27
200	2	3800	2500	350	12,2	510	425	170	1/2"	3/8"	31
300	3	5200	5000	450	14,2	640	630	150	3/4"	1/2"	34
400	4	6450	5000	450	19	640	630	170	3/4"	1/2"	42
500	5	7500	5000	450	24	640	630	170	3/4"	1/2"	46

Modelos com coifa • Opcional: Motor											
Ref. Comercial	Capacidade	Vazão de ar	Hélice	Área de troca térmica	A	B	C	Entrada E	Saída S	Peso	
HP	Kcal/h	m³/h	mm	m²	mm	mm	mm	Ø pol	Ø pol	Kg	
600	6	12700	10000	500	37	780	780	250	1 1/4"	7/8"	61
750	7,5	14400	10000	500	45	780	780	250	1 1/4"	7/8"	70
1000	10	17800	10000	500	65	1080	780	250	1 1/4"	7/8"	78
1200	12	25400	20000	2x500	74	1480	780	250	1 1/4"	7/8"	86
1500	15	29800	20000	2x500	95	1600	930	300	1 1/8"	7/8"	100
1500 R	17	32500	20000	2x500	95	1600	930	300	1 1/8"	7/8"	112



**Figura 6.** Unidade condensadora Cd Super fabricante Mipal. (Fonte: MIPAL)

#### 5.4. Válvula de Expansão

Para selecionar a válvula de expansão adequada tem-se que converter a carga total em Btu/h para TR (toneladas de refrigeração).

Com isso 1TR equivalendo 12000 Btu/h convertendo obtem-se:

$$\frac{1,0T_R}{Q_t} = \frac{12.000 \left[ \frac{BTU}{h} \right]}{18.652,9 \left[ \frac{BTU}{h} \right]} = 1,55T_r$$

Após fazer a conversão pode-se selecionar a válvula de expansão, a válvula selecionada foi do modelo válvula expansão conexão de rosca- TN2-R-143<sup>a</sup> do fabricante Danfoss.

A válvula de expansão no sistema de refrigeração tem a função de controlar a quantidade de fluido refrigerante que entra no evaporador, onde passa por um processo que reduz a temperatura do sistema sendo um elemento chave no sistema de refrigeração.

A Figura 7 abaixo é uma válvula de expansão modelo de rosca direta.



**Figura 7:** Válvula de expansão modelo rosca direta do fabricante Danfoss. (Fonte: DANFOSS)

### 5.5. Painél Elétrico de Comando

Para o controle de temperatura da câmara frigorífica utiliza-se o painel de controle Bomfrioar, assim facilitando observar a qual temperatura esta no momento, podendo aumentar ou diminuir a temperatura. E também para ligar desligar, controlar a ventilação, iluminação.

A Figura 8 abaixo é o painel elétrico de comando usado nas câmaras frigoríficas



**Figura 8:** Painel elétrico de comando (Fonte: BÔMFRIOBAR)

## 6. CUSTO

O custo de uma câmara frigorífica com as dimensões calculadas e capacidade de armazenamento de 10000 kg ficarão no valor de R\$ 65000,00. (Multi Frio)

## 7. CONCLUSÃO

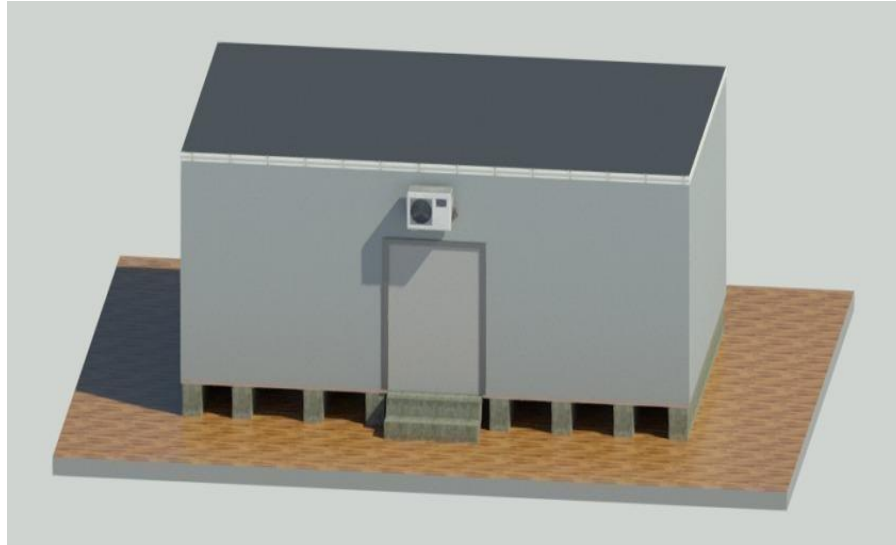
Este trabalho foi feito o projeto de um sistema de refrigeração já existente, onde foi dimensionado seguindo normas e especificações técnicas, com a finalidade de conservar a integridade física e química das laranjas, para produtores que tenha uma alta produção e colheita da fruta. Com a câmara fria com a capacidade grande de armazenamento o produtor poderá ter um estoque e conseqüentemente vender para empresas que fabricação sucos de laranja, sem perdas.

Onde avaliando a quantidade de perdas pela falta de não ter aonde armazenar, conclui-se que a

possibilidade de armazenamento e venda futura é interessante aos produtores de laranjas, dando-lhe maior liberdade de comercialização e retorno econômico.

Com base nesse trabalho, é possível desenvolver trabalhos futuros, como qual a possibilidade da instalação da câmara fria em outra região onde as condições climáticas são diferentes

Figura 9 apresenta a estrutura externa da câmara frigorífica.



**Figura 9.** Estrutura externa da câmara frigorífica. (Fonte: Arquivo Pessoal)

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- PARSONS, R. A.; FORMAN, C. **ASHRAE Handbook**. 1 ed. Atlanta, 1985
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14701**: Transporte de Produtos Alimentícios Refrigerados – Procedimentos e Critérios de Temperatura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- Câmara Fria Estruturada. **Bomfrioar**. Disponível em: <<http://www.bomfrioar.com.br/>>. Acesso em: 01 mai. 2022.
- Câmara Fria Modular. **Gfrio**. Disponível em: <<https://www.gfrio.com.br/camara-fria-modular>>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- Condensadores e Evaporadores Estáticos. **Mipal** Tecnologia e Confiança. Disponível em: <<https://mipal.com.br/produtos/>>. Acesso em: 15 set. 2021.
- Evaporadores para Câmaras Frias. **Ribfrio**. Disponível em: <<http://www.ribfrio.com.br/produto/evaporador-deltafrio-dfd1527.html>>. Acesso em: 26 mar. 2021.
- História da Refrigeração: Saiba Como a Geladeira Surgiu. **Arboimoveis**. Disponível em: <<https://blog.arboimoveis.com.br/dicas/refrigeracao/>>. Acesso em: 26 jun. 2022.
- Ministério do Trabalho e Previdência. **NR06** – Equipamento de Proteção Individual. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 1978.
- Ministério do Trabalho e Previdência. **NR15** – Atividades e Operações Insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2014.
- Ministério do Trabalho e Previdência. **NR36** – Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 1978.
- **Multi Frio**. Disponível em: <<https://www.multifrio.com.br/>>. Acesso em: 24 jun. 2022.
- OLIVEIRA, A. L. **Cálculo de Carga Térmica**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4430885/mod\\_resource/content/1/Aula3cargat%C3%A9rmica2018.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4430885/mod_resource/content/1/Aula3cargat%C3%A9rmica2018.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- PIRANI, M. J. **Refrigeração e Ar Condicionado**. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/pirani-apostila-refrigeracao/6996390/>>. Acesso em: 24 jun. 2022.
- Principais Normas Técnicas para Câmaras Frigoríficas. **Visoflex**. Disponível em: <<https://visoflex.com.br/blog/principais-normas-tecnicas-para-camaras-frigorificas/#:~:text=As%20normas%20%C3%A9nicas%20para%20c%C3%A2maras,que%20pode%20causar%20acidentes%20frequentemente>>. Acesso em: 26 jun. 2022.
- Técnico Profissional Aposta em Fluido Refrigerante de Qualidade. E você?. **Eletrofrigor**. Disponível

- em: <<https://www.eletrofrigor.com.br/blog/post/fluido-refrigerante>>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- Temperatura, Umidade, Chuva e Outros Dados Climáticos. **Guia Clima**. Disponível em: <<https://mob.cpao.embrapa.br/?lc=site/informacaos/informacoes>>. Acesso em: 05 jun. 2021.
  - Válvulas de Expansão Termostáticas T2/TE2, Orifício Intercambiável. **Danfoss**. Disponível em: <<https://www.danfoss.com/pt-br/products/dcs/valves/thermostatic-expansion-valves/thermostatic-expansion-valves/t2-te2/#tab-overview>>. Acesso em: 22 jun. 2022.
  - VELOSO, V. EPS é Capaz de Manter as Baixas Temperaturas das Câmaras Frias. **Aecweb**. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materiais/eps-e-capaz-de-manter-temperaturas-das-camaras-frias/17812/>>. Acesso em: 21 jun. 2022.

## 9. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.