UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PETHROS WINNCENZ RUDOLPH BUTZKE

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DO HOSPITAL UNIMED ALTO VALE EM RIO DO SUL ATRAVÉS DO REGULAMENTO BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

PETHROS WINNCENZ RUDOLPH BUTZKE

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DO HOSPITAL UNIMED ALTO VALE EM RIO DO SUL ATRAVÉS DO REGULAMENTO BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora na Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Roberto Lamberts, PhD.

FLORIANÓPOLIS 2018

PETHROS WINNCENZ RUDOLPH BUTZKE

ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DO HOSPITAL UNIMED ALTO VALE EM RIO DO SUL ATRAVÉS DO REGULAMENTO BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção do grau de Bacharel Civil, pela Banca examinadora formada por:	em Engenharia
Aprovado em:/	
Orientador: Prof. Roberto Lamberts, PhD, UFSC	
Membro: Prof. Fernanda Marchiori, Doutora, UFSC	

Membro: Prof. Michele Fossati, Doutora, UFSC

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por terem me dado a oportunidade de ingressar no curso de engenharia civil e por todo apoio durante a faculdade. Por serem exemplos de pessoas incríveis que espero ser um dia.

A todo restante da minha família, namorada, amigos e demais pessoas que sempre me incentivaram e estiveram ao meu lado ao longo dessa jornada acadêmica.

Ao meu orientador, professor Roberto Lamberts e à minha co-orientadora Ana Paula Melo, pelo auxílio e tempo dedicado a esse trabalho.

A Portal Engenharia que forneceu os projetos do empreendimento e sanou diversas dúvidas.

Por fim, agradeço também a toda equipe do Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO

Esse presente trabalho tem como objetivo classificar a eficiência energética de uma edificação hospitalar. Foi aplicado o Novo Método de avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais em um Hospital da Unimed localizado na cidade de Rio do Sul, Santa Catarina. Foram avaliados quatro sistemas: envoltória da edificação, sistema de iluminação, sistema de ar condicionado e o sistema de aquecimento de água. Para isso utilizou-se as fórmulas e diretrizes do novo regulamento de etiquetagem desenvolvido pelo CB3E (Centro Brasileiro de Eficiência Energética). Com os projetos do hospital e seguindo os procedimentos descritos no método foi possível obter a classe de eficiência de cada sistema, classificando-os em níveis de eficiência de "A" até "E". Por fim, foi sugerido alterações na envoltória da edificação afim de melhorar seu desempenho energético.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Classe de eficiência Energética. Etiquetagem. Novo Método. Sistema.

ABSTRACT

The present work aims to classify the energy efficiency of a hospital building. The New Energy Efficiency Assessment Method based on primary energy of commercial buildings was applied at a Unimed Hospital located in the city of Rio do Sul, Santa Catarina. Four systems were evaluated: building envelope, lighting system, air conditioning system and water heating system. For this purpose, the formulas and guidelines of the new labeling regulation developed by CB3E were used. With the hospital projects and following the procedures described in the method, it was possible to obtain the efficiency class of each system, classifying them in levels of efficiency from "A" to "E". Afterwards, some changes were suggested in the envelope of the related building to improve its energy performance.

Keywords: Energy Efficiency. Energy efficiency class. Labeling. New Method. System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Proposta da nova ENCE	18
Figura 2 – Separação de zonas térmicas para edificações maiores que 9m de comprimen	nto e 9m
de largura.	21
Figura 3 - Cálculo do IPLV	25
Figura 4 - Escala para definição da classe de eficiência do sistema de aquecimento de	água. 36
Figura 5 - Fachada Oeste.	37
Figura 6 - Fachada Sul e fachada norte respectivamente.	38
Figura 7 - Fachada Leste	38
Figura 8 - Propriedades térmicas da parede	38
Figura 9 - Propriedades térmicas da cobertura.	39
Figura 10 - Acumulador com fornalha.	41
Figura 11 - Pré-aquecimento de água com coletores solar	42
Figura 12 - Interface do meta-modelo para inserção dos parâmetros da envoltória	43
Figura 13 - Propriedades térmicas da sugestão de parede	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado	19
Tabela 2 – Valores de referência para edificações hospitalares.	20
Tabela 3 – Limite máximo de densidade de potência de iluminação (DPLL)	23
Tabela 4 - Fator de ponderação para grupo climático de Rio do Sul	25
Tabela 5 - Eficiência mínima de resfriadores do tipo condensação a água alternativo	26
Tabela 6 - Volume diário de consumo de água quente por tipologia	28
Tabela 7 - Fatores de perda em função do comprimento da tubulação	29
Tabela 8 - Perda específica térmica de reservatório de água quente em standby	31
Tabela 9 - Tipos de sistemas de aquecimento e sua eficiência	31
Tabela 10 - Espessura mínima e condutividade térmica de isolamento nas tubulações	32
Tabela 11 - Coeficiente de redução da carga térmica total anual	33
Tabela 12 - Limites dos intervalos das classes de eficiência energética da envoltória	34
Tabela 13 - Intervalos relativos a cada classe de eficiência energética do sistema de ilumi	nação.
	35
Tabela 14 - Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária	
Tabela 15 - Tabela de luminárias do hospital Unimed	40
Tabela 16 - Parâmetros da envoltória na condição real da edificação	44
Tabela 17 - Parâmetros da envoltória na condição de referência da edificação	45
Tabela 18 - Tabela de forro do Hospital Unimed	46
Tabela 19 – Resultado da carga térmica anual real por zona térmica.	48
Tabela 20 - Resultado da carga térmica anual de referência por zona térmica	49
Tabela 21- Escala de classificação energética preenchida com os valores de i e CgTRE.	Fonte:
Autor	50
Tabela 22 - Resultado da carga térmica anual com alterações nos componentes constr	utivos.
	51
Tabela 23 - Cálculo da Potência limite para condição de referência	52
Tabela 24 - Cálculo da Potência limite para condição de referente à classe A	52
Tabela 25 - Cálculo do coeficiente i para o sistema de iluminação.	53
Tabela 26 - Intervalos entre classes de eficiência energética do sistema de iluminação	53
Tabela 27 - Cálculo da Potência total instalada	53
Tabela 28 - Valores de eficiência nas quatro condições de operação	54
Tabela 29 - Volume diário de consumo de água quente.	54

Tabela 30 - Energia requerida para atendimento da demanda de água quente55
Tabela 31 - Energia requerida para compensar as perdas térmicas na distribuição de água
quente56
Tabela 32 - Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de recirculação de
água quente56
Tabela 33 - Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de armazenamento.
57
Tabela 34 – Cálculo do consumo anual de energia para aquecimento de água da edificação real.
57
Tabela 35 - Cálculo do consumo anual do sistema de aquecimento de água na condição de
referência58
Tabela 36- Cálculo do consumo total de energia primária para aquecimento de água59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CB3E = Centro Brasileiro de Eficiência Energética

ENCE = Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

INMETRO = Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PBE = Programa Nacional de Etiquetagem

PROCEL = Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO GERAL	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	NOVA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENEI	
EM ED	DIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇO E PÚBLICAS	17
2.1.1	ENVOLTÓRIA	19
2.1.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	22
2.1.2.1	REQUISITOS MÍNIMOS PARA OBTENÇÃO DA CLASSE A	23
2.1.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	24
2.1.4	SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	26
2.2	DETERMINAÇÃO DA ESCALA PARA CLASSIFICAÇÃO DE EFI	CIÊNCIA
ENER	GÉTICA	32
2.2.1	ENVOLTÓRIA	32
2.2.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	34
2.2.3	SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	35
3	METODOLOGIA	37
3.1	O EMPREENDIMENTO	37
3.1.1	ENVOLTÓRIA	37
3.1.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	39
3.1.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	40
3.1.4	SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	41
3.2	MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS	42
3.2.1	ENVOLTÓRIA	42
3.2.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	46
3.2.3	SISTEMA DE AOUECIMENTO DE ÁGUA	47

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1	ENVOLTÓRIA	48
4.2	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	52
4.3	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	53
4.4	SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	54
5	CONCLUSÃO	60
6	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2001 o Brasil sofreu com uma grande crise energética, com a falta da geração e transmissão de energia elétrica em grande parte do território brasileiro. Com isso, o governo estipulou metas de redução do consumo de energia afim de evitar maiores problemas. Grande parte da matriz energética brasileira vem das hidrelétricas, e em 2001 o Brasil passava por um período de seca. Essa estiagem fez com que o potencial de geração de energia diminuísse justamente em um período em que o País estava em fase de desenvolvimento.

Paralelo a isso, o governo brasileiro estimulou o desenvolvimento de programas para reduzir o consumo de energia no País. Assim, foram desenvolvidas etiquetas como a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), a qual especifica requisitos mínimos de desempenho estabelecidos por normas e regulamentos. O CB3E (Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações), a academia e a indústria foram os responsáveis por desenvolver um método para avaliar a eficiência energética de edificações e determinar a classe de eficiência que constará na etiqueta.

O novo método de avaliação de eficiência energética em edificações surgiu a partir de constatações de limitações do atual método prescritivo do RTQ-C e baseia-se no consumo de energia primária, que nada mais é que a energia disponível na natureza a qual não foi submetida há nenhum processo de transformação e avalia os quatro principais sistemas da edificação: a envoltória, a qual consiste nos planos que separam o ambiente externo do interno, ou seja, os elementos construtivos das fachadas e coberturas; o sistema de ar condicionado; o sistema de iluminação e por fim o sistema de aquecimento de água.

Basicamente é feita uma comparação com os dados reais da edificação levantados através de projetos, com os valores de referência descritos no método (PBE EDIFICA E CB3E). Como resultado, tem-se o consumo de energia elétrica ou térmica de cada sistema, com sua respectiva escala de eficiência energética, podendo receber uma nota de "A" até "E", sendo "A" o valor de melhor eficiência e "E" o pior. O novo método, porém, ainda não foi aprovado pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

A proposta deste trabalho é colocar em prática o novo método desenvolvido pelo CB3E a partir da escolha de uma tipologia de hospitais e com os resultados sugerir alternativas afim de melhorar o desempenho de eficiência energética.

1.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a classe de eficiência energética dos principais sistemas do Hospital Unimed localizado na cidade de Rio do Sul, de acordo com o Novo Método de Avaliação de edificações comerciais.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a eficiência da envoltória e classifica-la energeticamente;
- Avaliar a eficiência do sistema de iluminação e classifica-lo energeticamente;
- Avaliar a eficiência do sistema de condicionamento de ar e classifica-lo energeticamente;
- Avaliar a eficiência do sistema de aquecimento de água e classifica-lo energeticamente;
- Introduzir soluções afim de melhorar a eficiência energética e o desempenho térmico da envoltória da edificação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 NOVA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS, DE SERVIÇO E PÚBLICAS.

A nova proposta de método para avaliação de eficiência energética em edificações comerciais, de serviço e públicas, baseia-se no consumo de energia primária, que nada mais é do que a energia que está disponível na natureza de forma bruta, antes de qualquer processo de conversão e transformação. Consiste nos combustíveis crus, energia solar, eólica geotérmica e outras formas.

Esse método avalia a edificação em estudo e à compara com as condições de referência que equivalem a classe D de energia. A avaliação é realizada a partir de quatro sistemas: primeiramente avalia-se a envoltória da edificação, a qual consiste na geometria do prédio e nos componentes construtivos, seguindo para a avaliação do sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação e por fim o aquecimento de água, sendo que cada sistema possui seu respectivo peso. O método ainda informa o consumo estimado dos equipamentos que serão utilizados, o uso racional da água, a geração local de energia renovável e as emissões de dióxido de carbono (CO2).

Feita a análise desses sistemas é calculado o consumo energético total da edificação e geradas etiquetas que classificam o nível de eficiência energética da mesma, onde cada um dos sistemas recebe uma nota parcial, podendo ser de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). A seguir consta um exemplo de como será a nova ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) proposta pelo CB3E (Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações).

Eficiência Energética
Edificações Comerciais, de Serviços
e Públicas
Edificação: XXXX XXXXXXX
Bondioc, 20 de virolle de XXXX
Edificação: XXXXX XXXXXX
Bondioc, 20 de virolle de XXXX
Portale (200 de la Comercia de Virolle de Serviço de la Comercia de Virolle de Virolle de Propieto de Consumo Anual de Gás: XXXX en Yeard

Figura 1- Proposta da nova ENCE

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

Para poder determinar o consumo energético de cada sistema deve-se seguir um procedimento descrito na proposta do novo método. Esta avaliação pode ser realizada através de dois métodos: o de simulação e o simplificado, o qual será utilizado neste trabalho. O método de simulação é recomendado para casos não compreendidos pelo método simplificado e para utilização deste, deve-se certificar que alguns parâmetros da envoltória estejam dentro dos limites pré-estabelecidos pelo método, podendo ser vistos na tabela abaixo.

Tabela 1 – Limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado.

_	Limites ¹		
Parâmetros	Valor mínimo Valor máximo		
Absortância solar da cobertura (α)	0,2	0,8	
Absortância solar da parede (α)	0,2	8,0	
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°	
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°	
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°	
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)	0,22 kJ/m²K	450 kJ/m ² K	
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m²K	450 kJ/m ² K	
Contato com o solo	Sem contato (ex.: sobre	Em contato	
	pilotis ou em balanço)		
Densidade de Potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m^2	
Densidade de Potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m^2	
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87	
Percentual de abertura zenital	0%	3%	
Pé-direito (PD)	2,6 m	6,6 m	
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%	
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5 mm	Sim, se isolamento > 5 mm	
Transmitância térmica da cobertura (Ucob)	0,51 W/m ² K	5,07 W/m ² K	
Transmitância térmica da parede externa (Upar)	0,50 W/m ² K	4,40 W/m ² K	
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m²	5,7 W/m ²	

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

Após conferir cada parâmetro e avaliar se estes se enquadram nos limites admissíveis é realizada a determinação do consumo energético para cada sistema. O primeiro sistema a ser avaliado é a envoltória, seguindo depois para o sistema de condicionamento de ar, o sistema de iluminação e por fim o sistema de aquecimento de água.

2.1.1 ENVOLTÓRIA

A envoltória são planos que separam o ambiente interno do ambiente externo e para a análise deste item é levado em consideração as propriedades térmicas dos materiais que à constituem. Para fazer esta análise é necessário determinar a carga térmica total da envoltória, a qual é definida pela carga térmica total anual da edificação em sua condição real (CgT real), e de referência (CgT ref). Para fazer esse cálculo o método separa as edificações condicionadas artificialmente das edificações com ambientes ventilados naturalmente. Para o caso das edificações que possuem o sistema de ar condicionado, usam-se duas condições: a condição real, que é uma espécie de levantamento das propriedades térmicas dos materiais que de fato vão ser utilizados na execução do projeto e a de referência, as quais são ditadas de acordo com a tipologia e que podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de referência para edificações hospitalares.

	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,				
T T		Edificações hospitalares			c ^ •
Uso típico		Condição real		Condição de re Hospitais	Clínicas
Geometria		'		•	
Forma			Cond	lição real	
Orientação solar (°)		Condição real			
Pé-direito (piso a teto) (m)			Conc	lição real	
Aberturas					
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)		Condição real	_	27	
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)		Condição real		0	
Componentes construtivos		1			(2.5)
Parede		Condição real		Argamassa intern bloco cerâmico f	urado (9,0
		Condição Tear		cm), argamassa e cm)	xterna (2,5
Upar - Transmitância da parede externa (W/m²K)		Condição real		2,39	
αPAR - Absortância da parede (adimensional)		Condição real		0,5	
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m²K)		Condição real		150	
Cobertura		Condição real		Telha de fibro câmara de ar (>5 maciça de concre	cm) e laje
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m²K)		Condição real	\dashv	2,06	10 (10 CIII)
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)		Condição real	+	0,8	
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m²k	()	Condição real	\rightarrow	233	
Vidro	•)	Condição real		Vidro simples in	color 6mm
FS - Fator solar do vidro (adimensional)		Condição real		0,82	
Uvid - Transmitância do vidro (W/m²K)		Condição real		5,7	
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)		Condição real		0	
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)		Condição real	\neg	0	
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *		Condição real Condição re		real	
Iluminação e ganhos					
DPI - Densidade de Potência de Iluminação (W/m	1 ²) **	Condição real	T	15,0***	k
Ocupação (m²/pessoa)		Condição de referênce	ia	20,00	5,0
DPE - Densidade de Potência de Equipamentos (V	W/m ²)	32,0		32,0	
Horas de ocupação (horas)		Condição de referênce	ia	24	12
Dias de ocupação (N _{ano}) ****		30	65		260
Condição do piso			Cond	lição real	
Condição da cobertura			Conc	lição real	
Isolamento do piso		Condição real		Sem isolan	iento
Condicionamento de ar (refrigeração)					
COP - Coeficiente de performance (W/W)		Condição real		2,60	
Temperatura setpoint (°C)				24,0	
Aquecimento de água		_			
Eficiência do sistema de aquecimento de água sen acumulação ^a	n	Condição real		0,95	
Eficiência do sistema de aquecimento de água cor acumulação ^b	m	Condição real		0,85	
Temperatura de armazenamento		60	°C		****
Temperatura de uso de água quente		38 °C (norte 40 °C (dem			
Temperatura de uso de água fria (°C)		Condição real			
Aquecimento de água					
Perdas na tubulação – sistema sem acumulação		Condição real		0	
Perdas de armazenamento – sistema sem		Condição real		0	
acumulação Perdas da recirculação – sistema sem		Condição real		0	****
acumulação			-		****
Perdas na tubulação – sistema com acumulação		Condição real	Íso	lamento de 5 mm	
Perdas de armazenamento – sistema com acumulação	Condição real				
Perdas da recirculação — sistema com acumulação	Condição real				

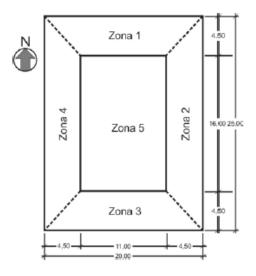
Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Como este trabalho trata-se de um hospital, a tipologia escolhida foi edificações hospitalares, embora, existem áreas que não comportam-se com essa tipologia, como a recepção, banheiros, financeiro, almoxarifado, farmácia, entre outras.

O primeiro passo para determinar a carga térmica é a escolha da tipologia da edificação. Realizado isso, deve-se dividir as edificações em zonas térmicas, conforme

apresentado na Figura 2. Isso é necessário pois, em uma edificação, as fachadas estão sujeitas a diferentes condições climáticas, recebendo diferentes quantidades de calor, diferentes intensidades de ventos e diferentes áreas de sombreamento.

Figura 2 — Separação de zonas térmicas para edificações maiores que 9m de comprimento e 9m de largura.



Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Realizada a separação da edificação em zonas térmicas, deve-se determinar os parâmetros de entrada da edificação real e de referência por zona térmica. Esses parâmetros são as propriedades térmicas e geotérmicas da envoltória e para isso são necessários dados como a área da zona térmica em m², o tipo de zona térmica, se existe contato com o solo, se a cobertura é voltada para o exterior, a existência de isolamento térmico no piso, orientação solar, horas de ocupação por dia, densidade da potência de equipamentos utilizados na edificação (kWh/m²), densidade da potência de iluminação (kWh/m²), percentual de abertura da fachada, fator solar, transmitância térmica do vidro, cobertura e paredes extremas (W/m²K), absortância solar da cobertura e paredes externas, pé direito (m), ângulo horizontal e vertical de sombreamento, ângulo de obstrução vertical e capacidade térmica da cobertura e paredes externas (kJ/m²K).

Após identificação de cada parâmetro da envoltória definido a cima, estes devem ser inseridos na interface do meta-modelo. Porém, primeiramente, deve-se inserir o tipo de edificação analisado (tipologia), a cidade e estado onde está localizada, número de pavimentos, o tipo de pavimento (térreo, intermediário ou cobertura) e por fim o número de zonas térmicas daquele pavimento.

Deve-se inserir os dados de cada zona térmica de cada pavimento e como resultado tem-se a densidade de carga térmica para refrigeração (DCgT) de cada uma das zonas térmicas analisadas. Para obter a carga térmica total para refrigeração basta multiplicar a carga térmica para refrigeração pela área da respectiva zona térmica, conforme a Equação 1. (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Equação 1 - Carga térmica total para refrigeração (CgT) em (kWh/ano).

$$CgT = \sum DCgT. Área ZT$$

CgT é a carga térmica total para refrigeração (kWh/ano)

DCgT é a densidade de carga térmica de cada uma das zonas de análise (kWh/m².ano); Área ZT é a área de cada uma das zonas térmicas de análise (m²);

2.1.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para determinação da eficiência energética do sistema de iluminação através do método simplificado, pode-se escolher três maneiras para avaliar o desempenho energético: método do edifício completo, método das atividades do edifício e método da potência ajustada. Todas as formas de avaliar o desempenho do sistema irão apresentar resultados próximos da realidade, porém, cada um possui algumas restrições de aplicação. O objetivo desses três métodos é encontrar a potência instalada e determinar a classe de eficiência energética do sistema de iluminação.

Para este trabalho será utilizado o método do edifício completo, o qual avalia de forma conjunta os ambientes do edifício e atribui um valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Para utilização desse método é necessário seguir alguns passos. Primeiro deve-se identificar as atividades da edificação e sua respectiva densidade de potência de iluminação limite, tanto para condição de referência (classe D) como para condição equivalente a classe "A". Esses valores são encontrados na Tabela 3, logo abaixo.

Tabela 3 – Limite máximo de densidade de potência de iluminação (DPLL).

-	DPI_{L}	DPI_{L}	DPI_{L}	DPI_{L}
Função do edifício	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
	(W/m ²)	(W/m²)	(W/m ²)	(W/m ²)
Hospital	11,3	13,8	16,4	18,9

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Feito isso, determina-se a área iluminada (AI) do edifício, no caso do hospital, há apenas uma atividade principal, portanto, para encontrar a potência limite (PL) basta multiplicar a área iluminada pela DPIL REF, o mesmo deve ser feito com a DPIL CLASSE A.

$$P_L = (A_I . DPI_L)$$

Sendo:

PL a potência limite;

Aı a área iluminada;

DPIL a densidade de potência de iluminação

Por fim, determina-se a classe de eficiência energética da edificação através da potência instalada total (PIT), essa deve respeitar os limites, sendo menor que a potência de limite da edificação de referência da classe inferior à dela e maior que a da edificação de referência da classe superior à dela, de acordo com a Tabela 3.

2.1.2.1 REQUISITOS MÍNIMOS PARA OBTENÇÃO DA CLASSE A

Para a edificação atingir nível "A" de eficiência energética, alguns pré-requisitos devem ser atendidos em pelo menos 80% da edificação. Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento de iluminação, de forma independente. Estes controles devem estar em um lugar de fácil acesso para os funcionários. Deve haver uma contribuição de luz natural em ambientes com proximidade à área externa e por fim, ambientes com áreas superiores a 250m² devem possuir um desligamento automático com sensor de presença, afim de economizar energia elétrica.

2.1.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Neste capítulo serão descritos os procedimentos para determinar a eficiência energética do sistema de condicionamento de ar. A avaliação pode ser dividida em sistemas de condicionamento de ar etiquetados e não etiquetados pelo INMETRO, porém, como a edificação em estudo possui um sistema de condicionamento de ar não etiquetado pelo INMETRO, apenas este será abordado.

Os sistemas de condicionamento de ar não etiquetados pelo INMETRO são os sistemas de ar condicionado centrais, do tipo *Fan-coil*, o qual é composto por uma central de água gelada, (*Chiller*). Umas das premissas para adotar esse tipo de sistema diz que quando a somatória das áreas condicionadas da edificação apresentarem uma carga térmica superior a 350kW, é necessário adotar um sistema central (PBE E PROCEL EDIFICA, 2017). Esse tipo de sistema é muito utilizado em shoppings centers, hotéis, escritórios, hospitais, supermercados, entre outras edificações.

Para determinar a eficiência energética desse tipo de sistema é necessário ter o valor do SPLV (*System Part Load Value*) o qual é uma média ponderada da relação de perfil de carga térmica anual sobre o perfil de consumo de energia anual de todo o sistema de ar condicionado, mas de uma forma simplificada que resulta de quatro condições de carga (100%, 75%, 50% e 25%). O método dispõe de duas possibilidades para encontrar esse valor. A primeira forma é através de cálculos utilizando uma planilha Excel desenvolvida pelo CB3E e a segunda forma é utilizando valores determinados por tabelas do próprio método.

Para este trabalho foi escolhido a segunda opção e para determinar a eficiência do sistema é necessário apresentar um cálculo alternativo a partir de requisitos mínimos de eficiência nos equipamentos, o qual é obtido por tabelas apresentadas a seguir. Para este caso ainda, a eficiência do sistema é multiplicada por fator de ponderação (K) que varia de região para região, portanto cada grupo climático possui um valor K distinto e pode ser obtido na Tabela 4.

Tabela 4 - Fator de ponderação para grupo climático de Rio do Sul

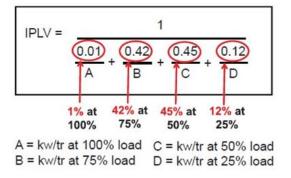
Capacidade Total	Fator de ponderação (Fator K)			
do sistema (kW)	Condensação à ar	Condensação à água		
< 40	0,98	0,93		
≥ 40 e < 70	0,96	0,93		
≥ 70 e < 150	0,93	0,93		
≥ 150 < 264	0,77	0,93		
≥ 264 < 528	0,77	0,52		
≥ 528 < 1055	0,77	0,59		
≥ 1055 < 1407	0,77	0,59		
$\geq 1407 < 2110$	0,77	0,67		
≥ 2110 < 2815	0,77	0,69		
≥ 2815 < 4220	0,77	0,75		
≥ 4220	0,77	0,75		

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

Para encontrar o valor do fator de ponderação, é necessário ter o valor da capacidade total do sistema e o tipo do equipamento instalado.

O próximo passo é calcular o IPLV (*Integrated Part-Load Value*), que de acordo com a norma 550/590 da *Air-Condition, Heating and Refregeration Institute Standard* (2011) é calculada utilizando os valores do COP (*Coefficient of Performace*) nas quatro condições de uso, a plena carga (100%) e em cargas parciais (75%, 50% e 25%). Esses dados são fornecidos pelo projetista e são substituídos pelas letras A, B, C e D da Figura 3 respectivamente.

Figura 3 - Cálculo do IPLV



Fonte: AHRI (Air-Conditioning, Heating and Refrigeration Institute)

Encontrado o valor do IPLV, o mesmo deve ser multiplicado pelo valor do fator K encontrado na Tabela 4 para ter um valor mais coerente, mais próximo da realidade e então compará-lo com os valores de IPLV da Tabela 5. Assim já se tem a classificação energética do sistema de condicionamento de ar da edificação.

Tabela 5 - Eficiência mínima de resfriadores do tipo condensação a água alternativo

Canacidada	Alternat	Alternativa 1 Alter		tiva 2			
Capacidade	Carga Total	IPLV	Carga Total	IPLV			
Eficiência Mínima de resfriadores para classificação A							
< 264 kW	≥ 4.694	≥ 5.867	≥ 4.513	≥ 7.041			
≥ 264 kW e < 528 kW	≥ 4.889	≥ 6.286	≥ 4.694	≥ 7.184			
≥ 528 kW e < 1055 kW	≥ 5.334	≥ 6.519	≥ 5.177	≥ 8.001			
≥ 1055 kW e < 2110 kW	≥ 5.771	≥ 6.770	≥ 5.633	≥ 8.586			
\geq 2110 kW	≥ 6.286	≥ 7.041	≥ 6.018	\geq 9.264			
Eficiênci	a Mínima de res	friadores pa	ra classificação	В			
< 264 kW	≥ 4.509	≥ 5.582	≥ 4.396	≥ 5.861			
≥ 264 kW e < 528 kW	≥ 4.538	≥ 5.718	≥ 4.452	≥ 6.001			
≥ 528 kW e < 1055 kW	≥ 5.172	≥ 6.064	≥ 4.898	≥ 6.513			
	I		I				

Eficiência Mínima de resfriadores para classificação C

> 7.177

< 264 kW	≥ 4.154	≥ 4.741	≥ 4.098	≥ 4.880
≥ 264 kW e < 528 kW	≥ 4.169	≥ 4.809	≥ 4.126	≥ 4.950
≥ 528 kW e < 1055 kW	≥ 4.686	≥ 5.282	≥ 4.549	≥ 5.506
≥ 1055 kW	≥ 5.436	≥ 5.906	≥ 5.352	≥ 6.238

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

2.1.4 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

 $\geq 1055 \text{ kW}$

O consumo de energia para o sistema de aquecimento de água é obtido através de algumas parcelas principais. A primeira delas é a energia necessária para o aquecimento de todo volume de água quente (EAA), depois tem-se a energia gerada para aquecimento de água através de sistemas que recuperam calor ou por energia solar térmica (EAA,rec_sol). A terceira parcela é referente a energia gasta para compensar as perdas térmicas do sistema de distribuição e armazenamento da água, como por exemplo as perdas de calor ao longo das tubulações (EAA,per,tub), as perdas ao longo do sistema de recirculação (EAA,per,rec) e também no

armazenamento (EAA,per,res), quando há algum tipo de reservatórios. Por fim o consumo também vai depender do rendimento do equipamento utilizado para aquecer a água.

A partir da Equação 3 é possível determinar o consumo de energia para o sistema de aquecimento de água e está descrita abaixo: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Equação 3 – Determinação do consumo de energia elétrica para aquecimento de água

$$CAA_{E} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AA} - E_{AA,rec_sol} + E_{AA,per,tub} + E_{AA,per,rec} + E_{AA,res}}{r_{aq}}$$

Onde:

CAAE é o consumo de energia elétrica para aquecimento de água (kWh/ano)

Nano é o número de dias de ocupação ao ano de acordo com a tipologia

EAA é a energia requerida para o atendimento da demanda de água quente (kWh/dia)

EAA,rec,sol é a energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou energia solar térmica, quando existentes (kWh/dia)

EAA,per,tub é a energia consumida para suprir as perdas térmicas de distribuição (kWh/dia)

EAAper,rec é a energia consumida para suprir perdas térmicas de sistemas de recirculação (kWh/dia)

EAA,res é a energia consumida para suprir perdas térmicas devido ao armazenamento de água quente em reservatórios (kWh/dia)

raq é o rendimento do equipamento aquecedor de água

O primeiro passo para encontrar o consumo de energia desse sistema é calcular a energia requerida para aquecer a demanda de água (EAA), a qual depende do volume de consumo e da temperatura de armazenamento da água, conforme apresentado na Equação 4.

Equação 4 – Energia consumida no atendimento da demanda diária de água quente.

$$E_{AA} = 1,162 \cdot V_{dia} \cdot (\theta_{A,uso,armaz} - \theta_{A,0})$$

Sendo:

EAA é a energia consumida no atendimento da demanda diária de água quente (kWh/dia)

V_{dia} é o volume diário de consumo de água quente (m³/dia)

θ_{A,uso,armz} é a temperatura de armazenamento (°C)

 $\theta_{A,0}$ é a temperatura de água fria (°C)

O volume diário de consumo de água quente é calculado através da Equação 5 e depende da tipologia da edificação e do número de ocupantes.

Equação 5 – Volume diário de consumo de água quente.

$$V_{dia} = \sum V_{dia,f} \, . \, f$$

Sendo:

V_{dia} é o volume diário de consumo de água quente em L/dia

V_{dia,f} é o volume diário de consumo de água quente por pessoa

f é em função do número de pessoas ou leito ou refeição ou ponto de banho.

O valor do volume diário de consumo de água quente por pessoa pode ser encontrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Volume diário de consumo de água quente por tipologia.

Tipologia	Volume de água (litros)		
Edificações educacionais	•		
Escola com alojamento, internatos (L/dia/pessoa)	50		
Edificações de hospedagem			
Hotel (4 a 5 estrelas) com lavanderia (L/dia/leito)	120		
Hotel (4 a 5 estrelas) sem lavanderia (L/dia/leito)	100		
Hotel (1 a 3 estrelas) com lavanderia (L/dia/leito)	100		
Hotel (1 a 3 estrelas) sem lavanderia (L/dia/leito)	70		
Edificações hospitalares			
Hospital sem lavanderia (L/dia/leito)	50		
Hospital com lavanderia (L/dia/leito)	80		
Clínica / Casa repouso (L/dia/leito)	120		
Edificações de alimentação			
Restaurante tradicional (L/dia/refeição)	10		
Tipologia	Volume de água (litros)		
Restaurante self-service (L/dia/refeição)	4		
Lanchonete (L/dia/refeição)	2,6		
Edificações esportivas			
Clubes e academias (L/dia/ponto de banho)	100		

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Para os valores de temperatura, adota-se 60°C para a temperatura de armazenamento, caso haja reservatório e 40°C quando não há, independente da região do Brasil e para a temperatura de água fria adota-se a média anual da temperatura ambiente da cidade menos 2°C.

O Consumo de energia associado as perdas térmicas podem ser oriundas do sistema de distribuição de água, sistema de recirculação e também do armazenamento de água quente. A parcela de perdas relativas à tubulação de distribuição pode ser encontrada a partir da Equação 6.

Equação 6 – Perda térmica na tubulação

$$E_{A,per,tub} = \lambda_{per,dist}.F_{per,tub} \cdot L_{tub}$$

Sendo:

E_{A,per,tub} é a perda térmica na tubulação do sistema de distribuição de água quente (kWh/dia) λ_{per,dist} é o fator de horas de perdas na tubulação de distribuição (h/dia)

Fper,tub é o fator de perdas térmicas por metro de tubulação (kWh/dia/m)

Ltub é o comprimento da tubulação

O valor do fator de horas de perdas na tubulação ($\lambda_{per,dist}$) é encontrado a partir da Equação 7.

Equação 7 – Fator de perda na tubulação de distribuição.

$$\lambda_{per,dist} = 2.083. V_{dia}$$

Sendo V_{dia} o volume diário de consumo de água quente em (m³/dia). Já o fator de perdas térmicas por metro de tubulação pode ser encontrado na Tabela 7, logo abaixo:

Tabela 7 - Fatores de perda em função do comprimento da tubulação.

Diâmetro	Diâmetro de	Espessura do isolamento térmico (mm)							
nominal da tubulação	referência	0 (M)	0 (P)	5 (Ref)	10	13	19	22	25
(mm)	(polegadas)	Fator de perda (kWh/dia/m)							
15	1/2	677	0,2079	0,0092	0,0056	0,0043	0,0037	0,0034	0,0032
22	3/4	833	0,2155	0,0116	0,0069	0,0052	0,0044	0,0041	0,0038
28	1	1067	0,2191	0,0141	0,0082	0,0061	0,0052	0,0047	0,0044
35	1 1/4	1145	0,2142	0,0169	0,0097	0,0072	0,0061	0,0055	0,0050
42	1 ½	1203	0,2155	0,0199	0,0114	0,0083	0,0070	0,0063	0,0058
54	2	1379	0,2153	0,0243	0,0138	0,0100	0,0084	0,0075	0,0068
73	2 ½	1535	0,2190	0,0291	0,0165	0,0119	0,0099	0,0088	0,0080
89	3	1523	0,2178	0,0337	0,0192	0,0138	0,0114	0,0102	0,0092
114	4	2017	0,2183	0,0408	0,0232	0,0167	0,0137	0,0122	0,0110

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Além das perdas da tubulação, já foi visto que existe também as perdas no sistema de recirculação, a qual é calculada pela Equação 8, semelhante à da perda da tubulação e está descrita abaixo.

Equação 8 – Perda térmica na tubulação de recirculação.

$$E_{A,per,recirc} = \lambda_{per,recirc}$$
. $F_{per,recirc}$. L_{recirc}

Onde:

EA, per, recirc é a perda térmica relativa ao sistema de recirculação de água quente [kWh/dia] λ per, recirc é o fator de horas de perdas na tubulação de recirculação (utiliza-se λ per, recirc = 24) [h/dia]

F per, recirc é o fator de perdas térmicas por metro de tubulação encontrado na tabela Z [kWh/dia] L recirc é o comprimento da tubulação do sistema de recirculação [m]

As perdas térmicas do reservatório de água quente estão associadas ao próprio reservatório e seu isolamento térmico e podem ser calculadas através da perda de calor do reservatório em espera de acordo com a Equação 9.

Equação 9 – Perda térmica no reservatório.

$$E_{A,\text{res}} = \frac{\left(\theta_{A,\text{res},\text{med}} - \theta_{amb,\text{med}}\right)}{\Delta\theta_{A,\text{res},\text{sby}}} \cdot E_{A,\text{res},\text{sby}}$$

Sendo:

E_{A,res} é a perda térmica do reservatório (kWh/dia)

θ_{A,res,med} é a média da temperatura no reservatório (°C)

θ_{amb,med} é a média da temperatura no ambiente (°C)

 $\Delta\theta_{A,res,sby}$ é a média da diferença de temperatura em testes com reservatório em standby (°C) adota-se 29°C

E_{A,res,sby} é a perda térmica específica do reservatório em standby (kWh/dia)

A perda térmica específica dos reservatórios em standby está em função da capacidade do reservatório e pode ser encontrada na Tabela 8.

Tabela 8 - Perda específica térmica de reservatório de água quente em standby.

olume de Reservatório (litros)	Perdas (kWh/dia)
100	0,865
150	1,349
200	1,799
250	2,249
300	2,699
400	2,932
500	3,498
600	3,998
800	4,798
≥ 1000	5,331

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

O rendimento do equipamento responsável por aquecer a água pode ser encontrado através de informações oficiais do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO ou então adota-se o valor do rendimento de acordo com a Tabela 9. Caso o sistema for composto por dois ou mais aquecedores, a contribuição de cada aquecedor é calculada através da média ponderada da eficiência pelas potências nominais.

Tabela 9 - Tipos de sistemas de aquecimento e sua eficiência.

Sistema de água quente	Eficiência (%)
Sistema de aquecimento por resistência elétrica em imersão (boiler)	90
Aquecedor de passagem de um único ponto de consumo	70
Aquecedor de passagem de múltiplos pontos de consumo	65
Sistema de aquecimento elétrico de um único ponto de consumo (chuveiro elétrico)	95
Aquecedor de acumulação a gás	65
Aquecedor de acumulação a combustível sólido (lenha)	55
Bomba de calor elétrica para aquecimento exclusivo de água	*

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

Para o sistema de aquecimento de água atingir nível A de eficiência energética, o mesmo deve atender alguns pré-requisitos com relação à automação na parte de recirculação, de controle acionamento de múltiplos aquecedores e de isolamento térmico, tanto no reservatório com na rede de distribuição, quando existentes.

Para o sistema de recirculação as premissas são as mesmas, portanto, o sistema de aquecimento de água, deve cumprir os requisitos de isolamento térmico tanto na tubulação de

distribuição como na tubulação de recirculação. Essas tubulações devem possuir um isolamento térmico com espessura mínima e condutividade térmica determinadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Espessura mínima e condutividade térmica de isolamento nas tubulações.

Condutividade térmica (W/mK)	Espessura mínima (mm)		
0,032 a 0,040	13		

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Os reservatórios de água quente, quando existentes, devem obedecer aos limites de perda específica descritos na Tabela 8 mostrada acima.

Caso o sistema não cumprir algum dos requisitos, na melhor das hipóteses, o sistema poderá ser classificado como nota "B".

2.2 DETERMINAÇÃO DA ESCALA PARA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.2.1 ENVOLTÓRIA

Para determinar a classe de eficiência energética da envoltória é necessário avaliar as duas condições: a condição real, utilizando as características e valores levantados a partir do projeto do edifício e a condição de referência, as quais as características são descritas de acordo com a Tabela 2. Segundo o novo método é necessário elaborar uma escala relativa à classe de eficiência energética com os valores da carga térmica, tanto a CgT TREAL como a CgTTREF, assim que os valores de carga térmica estiverem calculados é preciso determinar o fator de forma (FF) por meio da Equação 10.

Equação 10 – Fator de forma da edificação.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}}$$

Sendo:

FF é o fator de forma da edificação em m²/m³

Aenv é a área da envoltória (m²)

Vtot é o volume total de área construída (m³)

Após encontrar o fator de forma, deve-se obter o coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para classe A. Este coeficiente varia de acordo com o fator de forma e com o grupo climática que a edificação se encontra e pode ser encontrado na Tabela 11.

Tabela 11 - Coeficiente de redução da carga térmica total anual

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A (CRCT _{D-A})						
Grupo Chinatico	$FF \le 0.20$ $0.20 \le FF \le 0.30$ $0.30 \le FF$		0,30 < FF ≤ 0,40	40 FF > 0,40			
GCL 1- A	0,28	0,25	0,23	0,21			
GCL 1-B	0,24	0,21	0,18	0,17			
GCL 2		0,16	0,16				
GCL 3	0,17			0,14			
GCL 4							
GCL 5	0.25	0.22	0.21	0.2			
GCL 6	0,25	0,23	0,21	0,2			
GLC 7	0.26	0.10	0.15	0.14			
GCL 8	0,26	0,19	0,15	0,14			
GCL 9	0,22	0,2	0,18	0,17			
GCL 10	0,24	0,21	0,19	0,17			
GCL 11	0,20	0,18	0,16	0,14			
GCL 12	0,20	0,16	0,10	0,14			
GCL 13	0,20	0,17	0,14	0,13			
GCL 14	-,	-,	-,	-,			
GCL 15 GCL 16	0,20	0,17	0,15	0,14			
GCL 17	0,14	0,11	0,10	0,09			
GCL 17	0,14	0,11	0,10	0,09			
GCL 19							
GCL 20	0,14	0,12	0,10	0,09			
GCL 21							
GCL 22	0,16	0,13	0,11	0,10			
GCL 23							
GCL 24	0,15	0,13	0,11	0,10			

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Com o valor desse coeficiente e o valor da carga térmica total da edificação em sua condição de referência, é possível encontrar o intervalo (*i*) dentro do qual a edificação em estudo será classificada, conforme apresentado na Equação 11.

Equação 11 – Coeficiente de intervalo entre classes de eficiência energética da envoltória.

$$i = \frac{(CgT_{TREF} . CRCgT_{D-A})}{3}$$

Sendo:

CgT TREF é a carga térmica total de referência (kWh/ano)

CRCgT D - A é o coeficiente de redução da carga térmica anual da classe D para A i é o intervalo dentro o qual a edificação será classificada

Esta escala é dividida em três partes conforme a Tabela 4, sendo que cada parte se refere a um nível de eficiência energética, variando de A até E. No caso da condição real ter uma carga térmica pior, ou seja, superior a condição de referência, classifica-se como nível E.

Tendo o conhecimento da carga térmica total de referência, do coeficiente de redução e consequentemente do intervalo *i* é necessário preencher a Tabela 12.

 Classe de eficiência
 A
 B
 C
 D
 E

 Limite superior
 $> CgT_{TREF} - 3i$ $> CgT_{TREF} - 2i$ $> CgT_{TREF} - i$ $> CgT_{TREF}$

 Limite
 $< CoT_{TREF} - 3i$ $< CoT_{TREF} - 3i$ $< CoT_{TREF} - 3i$ $< CoT_{TREF} - 3i$ $< CoT_{TREF} - 3i$

Tabela 12 - Limites dos intervalos das classes de eficiência energética da envoltória.

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

 \leq CgT_{TREF} - 2i

 $\leq CgT_{TREF}$

 \leq CgT_{TREF} - 2i

Por fim, compara-se o valor da carga térmica total anual do edifício na condição real com os limites da tabela acima. Desta forma, tem-se a classificação de eficiência energética da envoltória da edificação em estudo.

2.2.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

inferior

 $< CgT_{TREF} - 3i$

Para determinar a escala de eficiência energética do sistema de iluminação é necessário avaliar o valor da potência total instalada (PT₁). Assim como na envoltória esse valor deve ser avaliado tanto na condição real, utilizando os valores reais retirados do projeto luminotécnico como na condição de referência. Além desses valores é necessário também o valor de potência referente à classe A os quais podem ser vistos na Tabela 3.

Tendo os valores de potência instalada total de referência e de potência total instalada referente a classe A é possível encontrar o valor "i", de acordo com a Equação 12. O valor "i" corresponde ao intervalo entre as classes de eficiência energética. (CB3E e PROCEL EDIFICA, 2017).

Equação 12 – Coeficiente de intervalo entre classes de eficiência energética do sistema de iluminação.

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3}$$

Sendo:

i – coeficiente de intervalo entre classes de eficiência energética

PITREF - Potência instalada total na condição de referência (classe D)

PITA – Potência instalada total referente à classe A

Após entrar com os valores na equação e encontrar o valor do coeficiente "i" é possível montar uma planilha, utilizando a Tabela 13, com as classes de eficiência energética do sistema de iluminação e por fim comparar o valor real, potência instalada total (PTi) com os valores da tabela, sempre obedecendo os limites superiores e inferiores.

Tabela 13 - Intervalos relativos a cada classe de eficiência energética do sistema de iluminação.

Classe de eficiência	A	В	С	D	E
Limite superior	_	> PI _{TREF} - 3 <i>i</i>	> PI _{TREF} - 2i	> PI _{TREF} - i	> PI _{TREF}
Limite inferior	< PI _{TREF} - 3 <i>i</i>	≤ PI _{TREF} - 2 <i>i</i>	$\leq \mathrm{PI}_{\mathrm{TREF}}$ - i	$\leq PI_{TREF}$	-

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.2.3 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

O consumo total de energia primária do sistema de aquecimento de água é regido pela equação 13.

Equação 13 – Consumo total de energia primária para aquecimento de água.

$$E_{AA,tot} = (fcE \cdot CAA_E) + (fcT \cdot CAA_T)$$

Onde:

EAA,tot é o consumo total de energia primária para aquecimento de água na condição real (EAA,tot,real em kWh/ano) e na condição de referência (EAA,tot,ref também em kWh/ano);

 fcE é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária, o qual é encontrado na Tabela 13;

CAAE é o consumo total para aquecimento de água provenientes de fontes de energia elétrica (kWh/ano);

fcT é o fator de conversão de energia térmica em energia primária, o qual também pode ser encontrado na Tabela 13;

CAAT é o consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia térmica em kWh/ano.

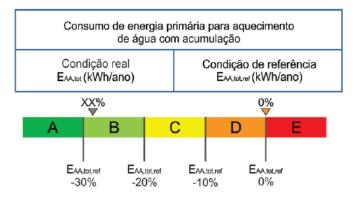
Tabela 14 - Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária.

Fonte de energia	Fator de conversão		
Energia elétrica	fcE	1,6	
Energia térmica - Gás Natural (GN)	fcT	1,1	
Energia térmica – Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	fcT	1,1	

Fonte: (CB3E e PROCEL EDIFICA, 2017).

Para determinar a classe de eficiência energética do sistema de aquecimento de água é feita uma comparação entre o consumo de energia primária na condição real, ou seja, o consumo necessário para atender a demanda de água quente da edificação, com consumo de energia na condição de referência (classe D). O resultado é obtido através de um percentual de economia de energia em relação à condição de referência, o qual é obtido através da Figura 3.

Figura 4 - Escala para definição da classe de eficiência do sistema de aquecimento de água.



Fonte: (CB3E e PROCEL EDIFICA, 2017).

Se o resultado do consumo total de energia primária (EAA,tot,real) for 30% mais eficiente que o resultado do consumo na condição de referência, é possível classifica-lo com uma nota A. No caso do resultado ficar entre 20-30%, é classificado com nota B, de 10-20% nota C, até 10%, nota D e caso atinja um resultado superior ao de referência o mesmo se encaixa numa nota E.

3 METODOLOGIA

3.1 O EMPREENDIMENTO

3.1.1 ENVOLTÓRIA

A edificação em estudo trata-se do Hospital Alto Vale da Unimed localizado na cidade de Rio do Sul em Santa Catarina. É um prédio em alvenaria de três pavimentos, cada pavimento com uma área de aproximadamente 1166m², totalizando 3500m². Serão alojados os setores de Pronto Atendimento, Imagem e Diagnóstico, Laboratório, Farmácia, Centro Cirúrgico, Internação. As áreas de apoio (Vestiário, Refeitório, Centrais de Equipamentos, etc.) serão alojadas em um bloco anexo (Bloco de Serviços), o qual não foi incluso dentro do escopo do trabalho.

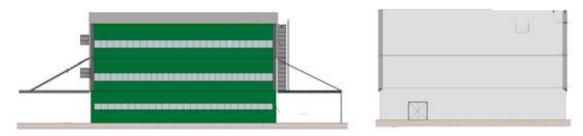
O hospital opera 24 horas por dia durante os 365 dias do ano, porém no período noturno, das 20h00 até as 06h00 da manhã seu funcionamento é reduzido à apenas setores essenciais como o pronto atendimento, centros cirúrgicos e consultórios médicos.

As fachadas do hospital (Figuras 4, 5 e 6) são compostas por uma coloração cinza clara e verde, com índices de absortância de 0,20 e 0,77 respectivamente. Possuem uma parte considerável em vidro, do tipo Glazing Glass reflexivo de 8mm com fator solar de 0,45 e transmitância térmica de 5,7W/m²K. Para amenizar o problema da radiação solar, foram projetados brises nas fachadas leste e oeste do hospital, impedindo que grande parte do calor irradiasse para o interior do prédio e consequentemente garantissem um melhor desempenho térmico.

Figura 5 - Fachada Oeste.

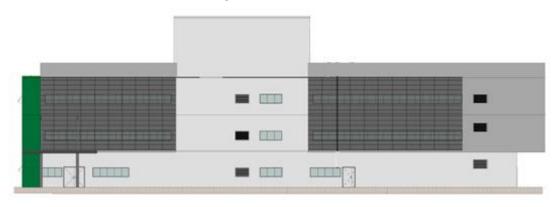
Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)

Figura 6 - Fachada Sul e fachada norte respectivamente.



Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)

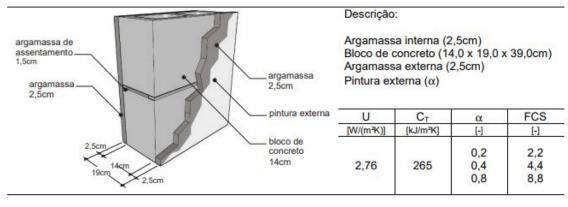
Figura 7 - Fachada Leste



Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)

O fechamento lateral do hospital é constituído por blocos de concreto (14,0cm x 19,0cm x 39,0cm) e argamassa, totalizando uma espessura de 19cm com as seguintes características listadas abaixo na Figura 7. O valor da transmitância térmica é de 2,76W/m²K e da capacidade térmica é de 265KJ/m²K.

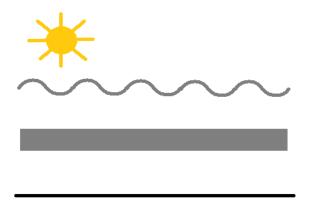
Figura 8 - Propriedades térmicas da parede.



Fonte: (PBE EDIFICA, 2015)

A cobertura descrita na Figura 8 é composta por uma telha de fibrocimento com espessura de 1cm, uma laje maciça de concreto com espessura de 10cm e uma camada de gesso de 5cm. A estrutura da cobertura ainda conta com câmeras de ar entre os elementos do telhado, fazendo com que a transmitância térmica atinja o valor de 0,83W/m²K e uma capacidade térmica de 280,82KJ/m²K, garantindo assim um excelente desempenho térmico.

Figura 9 - Propriedades térmicas da cobertura.



Material	Espessura [cm]
Fibrocimento	1
Câmera de ar	5
Laje maciça	10
Câmera de ar	80
Forro de gesso	5

U	Ст	α
W/m²K	kJ/m²K	-
0,83	280,82	0,80

Fonte: Autor

3.1.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

A iluminação do hospital é totalmente no sistema LED (*Light Emitting Diode*), traduzindo para português, diodo emissor de luz. É um componente eletrônico que gera luz com baixo consumo quando comparado à outras fontes luminosas. O LED necessita de menor quantidade de potência (Watts) para gerar o mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente ou fluorescente e possui inúmeros benefícios, além do baixo consumo energético, tem uma baixa geração de calor, maior durabilidade, fácil descarte por não conter chumbo e mercúrio e não emite raios ultravioleta (LABORATÓRIO DE ILUMINAÇÃO 2012).

O sistema de iluminação conta com diferentes tipos de luminárias, as quais estão descritas na Tabela 15, cada uma com uma potência diferente para cada tipo de atividade hospitalar. A lâmpada com maior potência (lâmpada G) é encontrada nas 4 salas cirúrgicas do hospital, pois, trata-se de um local com uma atividade muito delicada, consequentemente é necessária bastante iluminação.

Tabela 15 - Tabela de luminárias do hospital Unimed.

	Descrição	Potência	Quantidade
Luminária A	Luminária de embutir	4x Lâmpadas LED 10W	229
Luminária B	Luminária de embutir	1x Placa LED 24W	283
Luminária C	Luminária de embutir	2x LED Tubular 20W	128
Luminária D	Luminária de embutir - foco orientável	1x LED 3W	26
Luminária E	Luminária de embutir	2x LED 20W	13
Luminária F	Luminária de embutir	2x Tubular T5 20W	2
Luminária G	Luminária Vedada	2x Tubular T5 28W	24
Luminária H	Arrandela para banheiro	1x Lâmpada Bulbo 10W	10
Luminária I	Luminária de embutir na parede	1x LED 0,8W	10
Luminária J	Luminária de sobrepor	1x Placa LED 24W	29

3.1.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

O sistema de climatização adotado no hospital consiste em um sistema central, com unidades de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento alimentadas por água gelada. A água gelada será produzida na Central de Água Gelada (CAG) que ficará localizada no bloco de Serviços. A CAG prevista neste projeto é constituída por 2 resfriadores de água do tipo condensação a água e compressor parafuso, 2 torres de resfriamento de água de condensação, 3 bombas centrífugas de água de condensação de vazão constante (1 reserva), 3 bombas centrífugas de água gelada de vazão constante (1 reserva) e 2 bombas centrífugas de água gelada de vazão variável (1 reserva).

O sistema de automação deverá monitorar os parâmetros de operação dos dois resfriadores, de forma a acionar o resfriador reserva no caso de falha ou falta de capacidade do resfriador principal.

A água gelada produzida na CAG é distribuída através da tubulação de água gelada, que deve seguir enterrada no trecho entre o bloco de Serviços e o prédio do Hospital, e depois sobe em uma prumada, para alimentar os diversos climatizadores do Hospital.

Para algumas salas pequenas, foram previstos climatizadores de pequeno porte, de instalação aparente, do tipo *Split*. Para os outros ambientes foram previstos climatizadores convencionais, modulares, com distribuição de ar por dutos e difusores. Alguns destes

climatizadores (Salas de Cirurgia e Laboratório) possuem vazão constate, e outros vazão de ar variável (VAV's), com controle independente por sala.

Em geral, o climatizador consiste basicamente em um conjunto com um ventilador, filtros de ar, e uma serpentina de resfriamento. As serpentinas de resfriamento, alimentadas por água gelada, resfriam e desumidificam o ar que é insuflado no ambiente conforme a necessidade.

3.1.4 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de aquecimento de água do hospital é constituído por duas partes: um acumulador com fornalha (Figura 9) destinado ao acúmulo de água quente e por um préaquecimento de água com coletores solar (Figura 10). A primeira parte é constituída por um acumulador solar vertical para fornalha em chapa de aço carbono e jateado internamente com revestimento epóxi. A fornalha de aço a qual é acoplada ao acumulador solar funciona como fonte geradora de calor aquecendo a água que está imersa. Também possui um queimador a óleo diesel automático, controlado por um sistema automatizado que além de acender a chama monitora a queima, evitando possíveis problemas, e que segundo a Broilo tem uma ótima economia, baixo nível de ruído e poluição.

Figura 10 - Acumulador com fornalha.

Fonte: BROILO (2014)

A segunda parte é constituída pelo pré-aquecimento de água através de coletores solares possuem um acumulador solar com capacidade para 2000 litros. É todo em aço inox e é termicamente protegido contra perdas de calor devido a camada de poliuretano expandido. Este acumulador é utilizado para o pré-aquecimento da água de consumo através dos coletores solares, os quais são constituídos por 120 tubos de vácuo de 1,80m. Esse sistema, também conhecido como "heat pipe" é composto por tubos de vidro de parede dupla, construídos com

vidro de boro silicato de alta resistência e sua parede interna é revestida por filmes à base de nitrato de alumínio, um material com alta capacidade de absorção de calor, tornando assim o processo de aquecimento da água muito rápido e eficiente (BROILO, 2014). Por existir vácuo entre as paredes do tubo, o sistema praticamente não sofre interferência do meio externo (vento, chuva e dias nublados), portanto as perdas de calor são reduzidas.

Figura 11 - Pré-aquecimento de água com coletores solar.

Fonte: BROILO (2014)

3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS

3.2.1 ENVOLTÓRIA

Para fazer a análise da envoltória foi utilizado uma interface web (Figura 11) desenvolvida pelo CB3E, afim de facilitar o cálculo da carga térmica e que pode ser encontrada no site do PBE EDIFICA. Primeiramente foi colocado o grupo climático, preenchido o estado e a cidade que a edificação se encontra e a seguir foi colocado o número de pavimentos, zonas térmicas e tipologia do edifício.

Hospitais × +→ Zonas térmicas Edificação Estado SC Zona 1 Zona 2 Zona 3 Zona 4 Zona 5 Cidade Florianć ▼ Área Número de pavimentos Contato com o solo? Zonas térmicas iguais Não Zona sobre pilotis? Possui cobertura exposta? Escolha o pavimento Térreo Possui isolamento do piso Dados da Tipologia Tipo de zona? Número de zonas térmicas Orientação solar Calcular Densidade de Potencia de Equipamento Densidade de Potencia de Iluminação

Figura 12 - Interface do meta-modelo para inserção dos parâmetros da envoltória.

Fonte: (CB3E e PROCEL EDIFICA, 2017).

Com o projeto arquitetônico em mãos, foi possível levantar parâmetros como transmitância térmica da parede e da cobertura, absortância da parede e da cobertura, capacidade térmica, fator solar do vidro, ângulo de sombreamento, densidade de potência de iluminação, orientação solar, pé direito, isolamento de piso entre outros. Esses dados foram inseridos na Tabela 16, afim de organizá-los melhor.

Para preencher todos os parâmetros que a interface solicita com os valores de referência (Tabela 2) foi elaborado mais uma tabela para organizá-los melhor, separando-os por zona térmica (Tabela 17).

Tabela 16 - Parâmetros da envoltória na condição real da edificação.

			TÉRREO				P,	PAVIMENTO 1	1				COBERTURA		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14	Zona 15
Orientação Solar (°)	S	3	N	0		S	Е	N	0		S	Е	N	0	
Pé direito (m)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Aberturas															
PAF - Percentual de aberturas na fachada (%)	55,8	6,2	10	19,4		12,3	0	14,5	24,2		16,3	0	14,5	24,2	
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Componentes construtivos															
Upar - Transmitância da parede externa (W/m²K)	2,76	2,76	2,76	2,76		2,76	2,76	2,76	2,76		2,76	2,76	2,76	2,76	
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	0,2	0,2	0,2	0,77		0,2	0,2	0,2	0,77		0,2	0,2	0,2	0,77	
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m²K)	265	265	265	265		265	265	265	265		265	265	265	265	
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m²K)	٠										0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	٠										8,0	8,0	8,0	8′0	8′0
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m²K)											280,82	280,82	280,82	280,82	280,82
FS – Fator solar do vidro (adimensional)	0,45	0,45	0,45	0,45		0,45	0,45	0,45	0,45		0,45	0,45	0,45	0,45	
Uvid - Transmitância do vidro (W/m²K)	2,7	5,7	5,7	5,7		5,7	5,7	2,7	5,7		2,7	5,7	5,7	2,7	
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	29	0	29	0		45	0	40	0		45	0	40	0	
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
lluminação e ganhos															
DPI - Densidade de Potência de Iluminação (W/m²)	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29
Ocupação (m²/pessoa)															
DPE - Densidade de Potência de Equipamentos (W	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Horas de ocupação (horas)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Dias de ocupação (Nano) ****	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Condição do piso		•		•											
Condição da cobertura		•	•	•							exposta	exposta	exposta	exposta	exposta
Isolamento do piso	шоо	шоо	com	шоэ	com						,		,	,	
	isolamento	isolamento	isolamento	isolamento isolamento isolamento isolamento isolamento	solamento										

Tabela 17 - Parâmetros da envoltória na condição de referência da edificação.

			TERREO				b/	PAVIMENTO 1	1)	COBERTURA		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Zona 12	Zona 13	Zona 14	Zona 15
Orientação Solar (°)	S	3	Ν	0		S	Е	Ν	0	-	S	3	N	0	
Pé direito (m)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Aberturas															
PAF - Percentual de aberturas na fachada (%)	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Componentes construtivos															
Upar - Transmitância da parede externa (W/m²K)	2,39	2,39	2,39	2,39		2,39	2,39	2,39	2,39	-	2,39	2,39	2,39	2,39	
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	0,5	6,5	6,0	0,5		0,5	6,0	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	6,0	
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m²K)	150	150	150	150		150	150	150	150		150	150	150	150	
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m²K)											2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)											8'0	8'0	8′0	8′0	8′0
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m²K)									1		233	233	233	233	233
FS – Fator solar do vidro (adimensional)	0,82	0,82	0,82	0,82		0,82	0,82	0,82	0,82		0,82	0,82	0,82	0,82	
Uvid - Transmitância do vidro (W/m²K)	5,7	5,7	5,7	5,7		5,7	2,7	5,7	5,7	ì	5,7	5,7	5,7	5,7	
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iluminação e ganhos															
DPI - Densidade de Potência de Iluminação (W/m²) **	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Ocupação (m²/pessoa)															
DPE - Densidade de Potência de Equipamentos (W/m²)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Horas de ocupação (horas)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Dias de ocupação (Nano) ****	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Condição do piso									ì						
Condição da cobertura									1		exposta	exposta	exposta	exposta	exposta
Isolamento do piso	sem	sem	sem	sem	sem										
	isolamento	isolamento isolamento	isolamento isolamento isolamento	isolamento	isolamento										

Com todos esses valores em mãos, inseriu-se na interface web e obteve-se o valor da carga térmica total anual para ambas condições. Com os valores da carga térmica total real e de referência partiu-se para a escala de eficiência energética levando em conta o intervalo *i* calculado através do coeficiente de redução de consumo e da carga térmica anual de referência, assim foi possível identificar qual nível de eficiência energética que a edificação se encontra.

3.2.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para a avaliação do sistema de iluminação do hospital foi utilizado o método do edifício completo, o qual avalia de forma conjunta todos os ambientes da edificação e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema.

O primeiro passo foi identificar a atividade principal do edifício e sua respectiva densidade de potência de iluminação, tanto a de referência (classe D) como a condição equivalente a classe A. Como o edifício trata-se de um hospital, a atividade principal é hospitalar e sua densidade de potência pode ser encontrada na Tabela 3.

Após isso, foi realizado um levantamento da área iluminada, através do projeto arquitetônico, o qual pode ser visto na Tabela 18.

Identificação	Tipo de Forro	Área [m²]
1	Forro Escada	240,36
2	Forro Gesso Acartonado H 2,70m	2532,86
3	Forro Gesso Acartonado H 2,90m	106,82
4	Forro Gesso Removível H 2,70m	180,48
5	Forro Gesso Acartonado H 2,50m	71,91

Tabela 18 - Tabela de forro do Hospital Unimed.

Fonte (IDEIN ARQUITETURA, 2016)

Para encontrar o valor da área iluminada, foi necessário descontar o valor do item 1 – Forro Escada, pois segundo o método, áreas de transição não são consideradas no cálculo da eficiência do sistema de iluminação, portanto chegou-se numa área iluminada, totalizando 2892m².

Tendo os valores das densidades de potência e da área iluminada do edifício foi possível encontrar a potência limite do edifício através da Equação 2. Foi realizado o cálculo para a condição de referência, para condição referente a classe A e também para condição real, chamada de potência instalada total (PT_I).

Para obtenção da classe de eficiência energética do sistema de iluminação foi necessário calcular o intervalo i entre as classes, de acordo com a equação 4 e montar uma escala para determinação da classe de eficiência energética e comparar o valor da potência instalada total com os valores da escala. Assim foi possível gerar uma nota de "A" até "E".

3.2.3 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

A avaliação do sistema de aquecimento de água do hospital pode ser realizada através de cálculos definidos pelo novo método de etiquetagem, sendo que o primeiro passo foi avaliar o consumo de energia térmica necessária para o aquecimento de água utilizada na edificação. Para isso, foi calculado em um primeiro momento a energia necessária para aquecimento de água, a energia necessária para compensar as perdas térmicas, tanto na rede de distribuição, como na rede de recirculação e também a energia necessária para combater as perdas térmicas no reservatório. Apesar do hospital contar um sistema de pré-aquecimento solar, esta parcela não foi levada em conta devido à dificuldade de calculá-la.

Para determinar a eficiência energética do sistema de aquecimento de água teve-se que calcular o consumo de energia para aquecimento de água na condição de referência, pois é feita uma comparação entre a edificação real e a de referência. Para esse consumo de referência foi utilizado um sistema de aquecedor elétrico de acumulação, popularmente conhecido como *Boiler*.

Com os valores dos consumos de energia na condição real e de referência calculados, foi possível encontrar a energia total primária para o aquecimento de água nas duas condições e definir a escala para obter a classe energética desse sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ENVOLTÓRIA

Utilizando o método simplificado para cálculo de eficiência energética da envoltória, o primeiro passo foi a divisão do hospital em 15 zonas térmicas, sendo 5 em cada pavimento. Realizado isso, foram inseridos todos os parâmetros de cada zona térmica de acordo com o levantamento feito com auxílio do *Microsoft Excel* (Tabelas 16 e 17) e a interface web calculou a carga térmica anual real e de referência, as quais podem ser vistas nas Tabelas 19 e 20, respectivamente.

Tabela 19 – Resultado da carga térmica anual real por zona térmica.

Pavimento	Zona	Área da zona [m²]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m²*ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
	1	81,00	377,55	30.581,55
	2	218,04	359,82	78.455,15
Térreo	3	81,00	369,25	29.909,25
	4	218,04	402,91	87.850,50
	5	593,32	380,24	225.604,00
	6	81,00	391,88	31.742,28
	7	218,04	393,73	85.848,89
Pavimento 2	8	81,00	432,06	34.996,86
	9	218,04	468,77	102.210,61
	10	593,32	447,97	265.789,56
	11	81,00	400,32	32.425,92
	12	218,04	396,80	86.518,27
Cobertura	13	81,00	431,08	34.917,48
	14	218,04	468,10	102.064,52
	15	593,32	448,73	266.240,48
Carga Térmica	Total [kW	h/ano]		1.495.155,33

Fonte: Autor.

Tabela 20 - Resultado da carga térmica anual de referência por zona térmica.

Pavimento	Zona	Área da zona [m²]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m²*ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
	1	81,00	402,59	32609,79
	2	218,04	437,27	95342,35
Térreo	3	81,00	445,94	36121,14
	4	218,04	431,86	94162,75
	5	593,32	384,62	228202,74
	6	81,00	527,45	42723,45
	7	218,04	576,68	125739,31
Pavimento 2	8	81,00	592,89	48024,09
	9	218,04	567,85	123814,01
	10	593,32	533,41	316482,82
	11	81,00	516,56	41841,36
	12	218,04	555,19	121053,63
Cobertura	13	81,00	567,16	45939,96
	14	218,04	551,23	120190,19
	15	593,32	525,85	311997,32
Carga Térmica	Total [kWl	n/ano]		1.784.244,91

Com esses valores em mãos, o próximo passo foi calcular a escala e a classe de eficiência energética e, para isso, calculou-se o fator de forma já descrito anteriormente na Equação 10.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}}$$

Sendo:

FF o fator de forma em [m²/m³]

Aenv a área da envoltória em [m²]

Vtot o volume total da envoltória em [m³]

Somaram-se as áreas laterais e da cobertura e se foi obtido o valor de 3131m² de área de envoltória e um volume de 15.221,3m³. Com isso, obteve-se um fator de forma igual a 0,2057m²/m³. Para descobrir o valor de intervalo *i*, foi necessário levantar o valor do coeficiente de redução da classe D para A (CRCgTD – A), o qual pode ser encontrado na Tabela 11, basta entrar com os dados do grupo climático e fator de forma. Fazendo isso, encontrou-se CRCgTD-A = 0,20 com isso, a carga térmica anual de referência foi multiplicada pelo coeficiente de redução e divido por três (Equação 3) para termos o intervalo (*i*).

$$i = \frac{(CgT_{TREF} . CRCgT_{D-A})}{3}$$

Sendo:

i o intervalo para obtenção da escala

CgTtref a Carga térmica total da envoltória estudada [kWh/ano]

CRCgT_{D-A} o coeficiente de redução da classe A para D.

O valor encontrado para *i* foi de 118.949,67 kWh e então, foi montada a escala de classificação energética de acordo com a Tabela 12 e chegou-se nos seguintes valores descritos na Tabela 21.

Tabela 21- Escala de classificação energética preenchida com os valores de i e CgTRE.

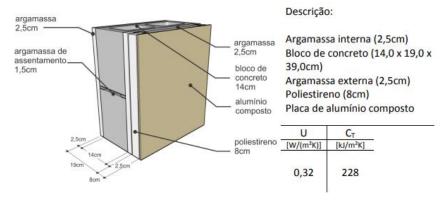
Classe de Eficiência	А	В	С	D	E
Limite Superior	-	1427396	1546346	1665295	1784245
Limite Inferior	1427396	1546346	1546346	1784245	-

Fonte: Autor

O valor da carga térmica anual real encontrado é de 149.5155,33kWh/ano, como está entre o valor B e A, por definição a envoltória dessa edificação é classificada com uma nota B em eficiência energética.

Afim de melhorar essa nota o autor propôs algumas mudanças nos materiais que compõem a envoltória. Para não precisar alterar o projeto arquitetônico, foi alterado apenas alguns componentes construtivos da edificação. O primeiro item alterado foi a parede, o bloco de concreto foi mantido, porém foi adicionado uma placa de alumínio composto com uma camada de 8cm de poliestireno (Figura 12).

Figura 13 - Propriedades térmicas da sugestão de parede



Fonte: CB3E E PROCEL EDIFICA

Com essa camada de isolamento, a transmitância térmica da parede passou de 2,76W/m²K para apenas 0,32W/m²K, dificultando ainda mais a passagem de calor e garantindo um melhor desempenho térmico. Na capacidade térmica não houve uma grande diferença, com o incremento do poliestireno o valor acabou regredindo, o que antes era 265KJ/m²K passou para 228KJ/m²K.

A segunda alteração foi na cobertura, a telha de fibrocimento na coloração cinza escuro foi pintada para um tom mais claro, fazendo com que a absortância caísse pela metade. O valor inicial de 0,80 passou para 0,40, garantindo assim que uma grande parte da radiação solar fosse refletida para o ambiente.

O último item alterado foram os vidros, foi sugerido o vidro Cool Lite SKN, uma linha com proteção solar super seletiva. O vidro Glazzing Glass que estava no projeto e possuía um fator solar de 0,45 e transmitância térmica de 5,70W/m²K foi substituído por um vidro com baixo fator solar, de 0,33 e transmitância térmica de 4,70W/m²K.

Os novos valores dos parâmetros dos componentes construtivos foram inseridos na *interface web* (Figura 11) e com o auxílio do *Microsoft Excel* elaborou-se a Tabela 22

Tabela 22 - Resultado da carga térmica anual com alterações nos componentes construtivos.

Pavimento	Zona	Área da zona [m²]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/m²*ano]	Carga Térmica de resfriamento [kWh/ano]
	1	81,00	381,08	30.867,48
	2	218,04	372,74	81.272,23
Térreo	3	81,00	379,79	30.762,99
	4	218,04	388,97	84.811,02
	5	593,32	380,24	225.604,00
	6	81,00	383,50	31.063,50
	7	218,04	383,20	83.552,93
Pavimento 2	8	81,00	411,24	33.310,44
	9	218,04	420,81	91.753,41
	10	593,32	400,25	237.476,33
	11	81,00	366,98	29.725,38
	12	218,04	361,00	78.712,44
Cobertura	13	81,00	386,48	31.304,88
	14	218,04	400,16	87.250,89
	15	593,32	379,47	225.147,14
Carga Térmica T	otal (com alte	rações nos compone	ntes da envoltória) [kW	/h/ano] 1.382.615,05

Fonte: Autor.

A nova carga térmica foi comparada com os valores encontrados na Tabela 21 e foi possível concluir que com essas alterações sugeridas pelo autor a envoltória da edificação passaria a ser classificada com uma nota A em eficiência energética, atingindo assim o objetivo desejado.

4.2 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O procedimento para determinação da escala de eficiência energética do sistema de iluminação é semelhante com o da envoltória. Após ter o valor da densidade de potência tanto da condição de referência como na condição referente a classe A (Tabela 3) e o valor da área de acordo com a tabela de forro, bastou calcular o valor da potência limite de acordo com a Equação 2. As Tabelas 23 e 24 apresentam, respectivamente, os valores da potência limite para condição de referência e para condição referente a classe A.

Tabela 23 - Cálculo da Potência limite para condição de referência.

CÁLCULO DA POTÊNCIA LIMITE PARA CONDIÇÃO DE REFERÊNO	CIA
Área iluminada [m²]	2892
Densidade de potência instalada [W/m²]	19,90
Potência limite para condição de referência [kW]	54,72

Fonte: Autor.

Tabela 24 - Cálculo da Potência limite para condição de referente à classe A

CÁLCULO DA POTÊNCIA LIMITE PARA CONDIÇÃO REFERENTE Á CL	ASSE A
Área iluminada [m²]	2892
Densidade de potência instalada [W/m²]	11,30
Potência limite para condição de referência [kW]	32,71

Fonte: Autor.

Para descobrir o valor da potência instalada total foi realizado um levantamento de toda a iluminação do hospital. Sabendo a quantidade de lâmpadas e sua respectiva potência em Watts chegou-se no num valor total de 23.710W, então, dividiu-se pela área total (2892m²) e foi encontrada uma densidade de potência instalada de 8,20W/m².

Com os valores das potências limites tanto da condição de referência como na condição real, foi possível calcular o valor do coeficiente "i" (Tabela 25) de acordo com a Equação 4.

Tabela 25 - Cálculo do coeficiente i para o sistema de iluminação.

CÁLCULO DO COEFICIENTE "i"	
Potência instalada total na condição de referência [kW]	54,72
Potência instalada total referente a classe A [kW]	32,71
Coeficiente "i"	7,33

Com o valor do coeficiente "i" calculado, foi possível montar a Tabela 26 com os intervalos entre as classes de eficiência energética do sistema de iluminação.

Tabela 26 - Intervalos entre classes de eficiência energética do sistema de iluminação.

Classe de Eficiência	А	В	С	D	Е
Limite Superior	-	32,71	40,05	47,38	54,72
Limite Inferior	32,71	40,05	47,38	54,72	-

Fonte: autor.

Para poder comparar os valores de potência de iluminação e encontrar a classe de eficiência energética deve-se calcular o valor da potência de iluminação da condição real, a qual esta descrita na Tabela 27.

Tabela 27 - Cálculo da Potência total instalada

CÁLCULO DA POTÊNCIA TOTAL INSTALADA (CONDIÇÃO REAL)	
Área iluminada [m²]	2892
Densidade de potência instalada [W/m²]	8,20
Potência total instalada [kW]	23,71

Fonte: autor.

Pelo fato da potência total instalada ter um valor mais baixo que o limite inferior da classe A de eficiência é possível concluir que o sistema de iluminação do hospital alcançou nível A em eficiência energética, isso se deve ao fato de que todas as lâmpadas do edifício são de LED, um sistema bastante eficiente.

4.3 SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Para fazer a análise de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar e classificar seu desempenho energético foi necessário, primeiramente encontrar o fator K de conversão. Para isso, foi preciso entrar na Tabela 4 com o valor da capacidade total instalada, que corresponde a dois resfriadores de 288kW de potência, resultando assim, uma capacidade

total de 576kW e com o tipo de condensação do equipamento, que no caso do hospital é a água. Desta forma, encontrou-se um valor para o fator K de 0,59.

O próximo passo foi calcular a eficiência dos resfriadores (*Chillers*) de acordo com a Figura 3. Portanto, foi-se atrás das informações de projeto e encontrou-se os seguintes valores, os quais estão descritos na Tabela 28.

Tabela 28 - Valores de eficiência nas quatro condições de operação

Condições de Carga	100%	75%	50%	25%
СОР	4,84	5,33	6,56	6,18

Fonte: Autor.

Com os valores de eficiência nas quatro condições de operação, foi possível determinar o IPLV do sistema. Para esse cálculo, utilizou-se a equação descrita na Figura 4 e foi encontrado um valor de 5,92, porém antes de compará-lo com os valores descritos na Tabela 5 foi necessário multiplicá-lo pelo fator de ponderação (Fator K), portanto o valor do IPLV corrigido resultou em 3,49.

Após comparar o valor corrigido do IPLV com os valores da Tabela 5, constatou que o sistema de condicionamento de ar da edificação em estudo não atingiu o valor mínimo de eficiência para classe C, portanto, foi automaticamente classificado em nível D de eficiência energética.

4.4 SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Para analisar o sistema de aquecimento de água do hospital, foi realizado um levantamento da quantidade de água quente necessária para suprir a demanda da edificação. Para calcular esse valor, levou-se em conta a quantidade de leitos presentes no hospital e o valor pré-estabelecido do volume diário de consumo por água quente (Vdia,f) de acordo com a tipologia (Tabela 6). Com esses valores em mãos, foi possível obter o volume diário de consumo de água quente (Tabela 29).

Tabela 29 - Volume diário de consumo de água quente.

VOLUME DIÁRIO DE CONSUMO DE ÁGUA QUENTE	
Volume diário de água quente por leito [L/dia/Leito]	80
Quantidade de leitos do hospital	30
Volume diário de consumo de água quente [L/dia]	400

Fonte: Autor.

Tendo o valor do consumo diário de água quente, o próximo passo foi encontrar a energia consumida no atendimento da demanda diária de água quente (EAA). Para isso, foi-se atrás dos valores que compõem essa parcela. Primeiramente, encontrou-se a temperatura de armazenamento da água quente, a qual deve-se adotar, de acordo com o método, 60°C para sistemas com armazenamento. Também foi necessário encontrar a temperatura da água fria, a qual varia de acordo com a localização e deve ser subtraído o valor de 2°C. No caso da edificação, foi encontrado 20°C na tabela de temperaturas de ar externo do CB3E. Estes valores estão descritos abaixo na Tabela 30.

Tabela 30 - Energia requerida para atendimento da demanda de água quente.

ENERGIA REQUIRIDA PARA ATENDIMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA QUENTE	
Volume diário de consumo de água quente [m³/dia]	2,4
Temperatura de armazenamento da água [ºC]	60
Temperatura da água fria [ºC]	18
Energia requerida para atendimento da demanda de água quente (EAA) [kWh/dia]	117,13

Fonte: Autor.

A próxima etapa consiste em encontrar o valor das perdas térmicas no sistema, e, perdas na distribuição de água, na recirculação e no armazenamento. Para calcular a perda referente a distribuição da água, foi necessário encontrar o fator de perda térmica por metro de tubulação, que pode ser visualizado na Tabela 7. Com os valores do diâmetro da rede de distribuição e a espessura de isolamento térmico da mesma foi possível obter o valor do fator de perda. No caso do hospital, o material utilizado para distribuição de água quente foi o PPR (Polipropileno Copolímero Random), que é um material inovador e de última geração. Apesar de ser um material polimérico e se encaixar na segunda coluna da Tabela 7, preferiu-se adotar as mesmas propriedades de um material metálico com isolamento de 10mm, afim de simular melhor o resultado. Portanto, o valor definido para o fator de perda de tubulação por metro (Fper,tub) foi de 0,0082kWh/dia/m.

Além do valor do fator de perda, foi necessário encontrar o valor em metros lineares da tubulação de distribuição do hospital, o qual foi possível levantar utilizando o projeto hidráulico, disponibilizado pela Portal Engenharia e o valor encontrado foi de 240m.

Por fim, faltou calcular o valor do fator de horas de perda na tubulação, o qual é encontrado multiplicando o valor do volume diário de consumo (2,4m³/dia) pela constante 2,083, tendo assim o valor de aproximadamente 5,0h/dia de fator horas de perda.

Tabela 31 - Energia requerida para compensar as perdas térmicas na distribuição de água quente.

ENERGIA REQUERIDA PARA COMPENSAR AS PERDAS TÉRMICAS NA DISTRIBUIÇÃO DE QUENTE	ÁGUA
Volume diário de consumo de água quente [m³/dia]	2,40
Fator de horas de perda na tubulação [h/dia]	5
Fator de perda térmica por metro de tubulação [kWh/dia/m]	0,0082
Comprimento da tubulação de distribuição de água quente [m]	240
Perda térmica no sistema de distribuição de água quente [kWh/dia]	9,84

A próxima parcela de perda refere-se a perda térmica no sistema de recirculação (Tabela 32) e é calculado de maneira semelhante à perda de distribuição. A equação é a mesma, mudando apenas o valor do comprimento da tubulação, que passa a ser de 170m e o valor do fator de horas de perdas na tubulação, o qual é fixado em 24h/dia, pois considera-se que a recirculação funcione durante o dia todo, portanto a parcela referente a esse sistema tende a ter um valor maior.

Tabela 32 - Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de recirculação de água quente.

ENERGIA REQUERIDA PARA COMPENSAR AS PERDAS TÉRMICAS NO SISTEMA DE RECIRCO DE ÁGUA QUENTE	ULAÇÃO
Volume diário de consumo de água quente [m³/dia]	2,40
Fator de horas de perda na tubulação [h/dia]	24
Fator de perda térmica por metro de tubulação [kWh/dia/m]	0,0082
Comprimento da tubulação de distribuição de água quente [m]	170
Perda térmica no sistema de distribuição de água quente [kWh/dia]	33,45

Fonte: Autor.

Por fim, a última parcela de perda térmica, refere-se a perda térmica no reservatório e varia principalmente com a capacidade do mesmo. A perda térmica específica do reservatório em *standby* depende exclusivamente do volume e o valor é encontrado na Tabela 8. Para o caso do hospital, o qual possui um armazenamento de água de 2000L o valor da perda específica é de 5,33 kWh/dia. Além disso, existem algumas temperaturas que devem ser medidas para calcular a parcela de perda térmica no reservatório. A temperatura dentro do reservatório ($\theta_{A,res,med}$) é de aproximadamente 45°C, a temperatura externa, ou temperatura ambiente ($\theta_{amb,med}$) como já foi visto é de 20°C e por fim a média da diferença de temperatura em testes com reservatórios em *standby* ($\Delta\theta_{A,res,sby}$) é adotado 29°C segundo o método. A Tabela 33 apresenta os valores descritos á cima.

Tabela 33 - Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de armazenamento.

ENERGIA REQUERIDA PARA COMPENSAR AS PERDAS TÉRMICAS NO SISTEMA DE	
ARMAZENAMENTO	
Média da temperatura no reservatório [ºC]	45
Média da temperatura no ambiente [ºC]	20
Média da diferença da temperatura em testes com reservatório em Standby [ºC]	29
Perda térmica específica no reservatório em Standby [kWh/dia]	5,33
Perda térmica no reservatório de água quente [kWh/dia]	4,59

Para encontrar o consumo energético de energia térmica ou elétrica do sistema de aquecimento de água, ainda é necessário encontrar o rendimento do equipamento utilizado na edificação. Por se tratar de um sistema com pré-aquecimento solar e complemento térmico (caldeira a óleo Diesel ou Gás natural) foi estipulado um valor de eficiência médio em torno de 75%. Esse valor não se encontra na Tabela 9, por isso o valor foi adaptado para afim de torna-lo o mais próximo da realidade.

Com todas as parcelas que compõem o sistema de aquecimento de água, foi possível determinar o consumo energético desse sistema (Tabela 34). Para isso, utilizou-se a equação 3.

Tabela 34 - Cálculo do consumo anual de energia para aquecimento de água da edificação real.

CÁLCULO DO CONSUMO ANUAL DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA NA [kWh/dia]	CONDIÇÃO REAL
Energia requerida para atendimento da demanda de água quente (EAA)	117,13 kWh/dia
Energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica (EAA,rec_sol)	-
Energia requerida para compensar as perdas térmicas na distribuição de água quente (EAA,per,tub)	9,84 kWh/dia
Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de recirculação de água quente (EAA,per,rec)	33,45 kWh/dia
Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de armazenamento (EAA,res)	4,59 kWh/dia
Rendimento do Sistema	75%
Consumo anual de energia para aquecimento de água da edificação real	80.304,87 kWh/ano

Fonte: Autor.

Tendo o valor do consumo de energia para aquecimento de água da edificação real em mãos, foi necessário calcular o valor do consumo de energia para edificação de referência (Tabela 35), pois para determinar a classificação de eficiência energética desse sistema é preciso comparar o valor real com o de referência multiplicados pelos devidos fatores de conversão.

A referência adotada para sistemas com armazenamento é o aquecedor elétrico, conhecido como *boiler* e seu rendimento, segundo o método é de 85%. Os demais valores que compõem a equação do consumo de energia elétrica devem ser os mesmos da edificação real.

Tabela 35 - Cálculo do consumo anual do sistema de aquecimento de água na condição de referência.

CÁLCULO DO CONSUMO ANUAL DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA N REFERÊNCIA [kWh/dia]	IA CONDIÇÃO DE
Energia requerida para atendimento da demanda de água quente (EAA)	117,13 kWh/dia
Energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica (EAA,rec_sol)	-
Energia requerida para compensar as perdas térmicas na distribuição de água quente (EAA,per,tub)	9,84 kWh/dia
Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de recirculação de água quente (EAA,per,rec)	33,45 kWh/dia
Energia requerida para compensar as perdas térmicas no sistema de armazenamento (EAA,res)	4,59 kWh/dia
Rendimento do Sistema	85%
Consumo anual de energia para aquecimento de água da edificação de referência	70.857,24 kWh/ano

Fonte: Autor.

O consumo total de energia primária do sistema de aquecimento de água do hospital é determinado através da Equação 13 e foi feito tanto para condição real, como para condição de referência.

No caso da edificação real, a energia utilizada é toda térmica, portanto a parcela referente a parte elétrica é igual a zero e apenas foi necessário multiplicar o consumo de energia pelo fator de conversão de energia térmica para energia primária.

Para o cálculo do consumo total de referência, a energia é elétrica, pois a referência é o *boiler*, portanto o fator de conversão utilizado foi de energia elétrica para primária.

Tabela 36- Cálculo do consumo total de energia primária para aquecimento de água.

CÁLCULO DO CONSUMO TOTAL DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE	ÁGUA
Consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica	80.304,87
(CAAE)	kWh/ano
Consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia térmica	70.857,24
(CAAT)	kWh/ano
Fator de conversão de energia elétrica para energia primária (fcE)	1,6
Fator de conversão de energia térmica para energia primária (fcT)	1,1
Consumo total de energia primária para aquecimento de água na condição real	88.335,35
(EAA,tot,real)	kWh/ano
Consumo total de energia primária para aquecimento de água na condição de	113.371,58
referência (EAA,tot,ref)	kWh/ano

A classificação da edificação foi obtida através do percentual de redução de economia de energia primária da condição real em relação à condição de referência, conforme a Figura 3.

O sistema de aquecimento de água do hospital teve uma redução de 22,1% em relação à condição de referência, portanto foi classificado com nota B.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho conseguiu determinar, de acordo com o Novo Método de Avaliação de edificações comerciais, a classe de eficiência energética dos principais sistemas do Hospital Unimed.

A envoltória inicialmente apresentou classe de eficiência energética nível B, porém, afim de melhorar essa nota, foram propostas algumas mudanças nos materiais que a constituem. A troca dos vidros por outros de melhor desempenho, a adição de isolamento térmico nas paredes e a mudança de coloração da cobertura por um tom que absorve menos calor, fizeram com que a envoltória da edificação passasse a ser classificada como nota A em eficiência energética.

O sistema de iluminação foi o que obteve melhor nota entre os avaliados, atingindo a classe A em eficiência energética. Isso foi possível pois as lâmpadas utilizadas na edificação eram do tipo LED, a qual é uma tecnologia bastante eficaz e que quando comparada com as lâmpadas de referência, geram o mesmo fluxo luminoso com uma menor potência, garantido um menor consumo energético.

Passando para o sistema de aquecimento de água, este também atingiu um resultado satisfatório, tendo um nível de eficiência energética B. Ainda assim, essa avaliação obteria um melhor resultado caso fosse levado em consideração a parcela de aquecimento de água proveniente de energia solar, a qual foi desconsiderada devido à falta de informações tanto por parte do método como do projeto.

Por fim, o sistema de condicionamento de ar obteve o pior desempenho de eficiência energética da edificação, sendo classificado como classe D. Para a avaliação desse sistema, o método deixou a desejar, pois foram levados em conta apenas o grupo climático, a eficiência dos resfriadores e a carga do sistema. Seria necessária uma reavaliação, levando em consideração outros parâmetros dos equipamentos, visto que esse sistema é um dos mais complexos da edificação.

De maneira geral, conclui-se que o trabalho obteve bons resultados de desempenho energético da edificação em estudo, visto que três dos quatro sistemas avaliados apresentaram boa classificação energética.

6 REFERÊNCIAS

A GERADORA. **FAN COIL: ENTENDA COMO FUNCIONA E SUAS VANTAGENS**. Salvador, 2017. Disponível em: https://www.ageradora.com.br/fan-coil-como-funciona-vantagens/>. Acesso em: 9 set. 2018.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. INTRODUÇÃO AO NOVO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO PBE EDIFICA. Florianópolis. [S.d]. 16 slides. Apresentação em Power-point.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E PROCEL EDIFICA. **Proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas**. Florianópolis, 2017. Disponível em: < http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo_texto%20 completo_comercial_2.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2017.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Relatório**: grupos climáticos. Florianópolis, [S.d]. Disponível em: < http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/all5564_with_subgroups_interface_2018.csv>. Acesso em: 16 mar. 2018.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Tutorial** para o preenchimento da interface web de edificações comerciais, de serviços e públicas. Florianópolis. fev. 2017. 12 slides. Apresentação em Power-point.

TIGRE. **PPR TERMOFUSÃO**. Joinville, 2012. Disponível em: https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-ppr-termofusao.pdf>. Acesso: 20 out. 2018.