

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

RENAN MARCOS DE BONA

CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE UMA SALA COMERCIAL
ESTUDO DE CASO: ACADEMIA SMART FIT

FLORIANÓPOLIS

2017

RENAN MARCOS DE BONA

**CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE UMA SALA COMERCIAL
ESTUDO DE CASO: ACADEMIA SMART FIT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Banca Examinadora para obtenção de grau de
bacharel em Engenharia Civil pela
Universidade de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Roberto Lamberts, Ph.D.

FLORIANÓPOLIS – SC

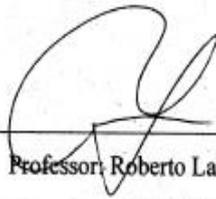
2017

RENAN MARCOS DE BONA

**CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE UMA SALA COMERCIAL.
ESTUDO DE CASO: ACADEMIA SMART FIT**

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do diploma de graduação em Bacharel de Engenharia Civil junto à Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de dezembro de 2017.



Professor, Roberto Lamberts, Ph.D.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Apresentado para a banca examinadora composta por:

Prof. Ricardo Ruther, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Ana Paula Melo

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por todo amor, paciência, esforço, dedicação e educação passados ao longo dos meus anos de vida.

Aos amigos que fiz ao longo da minha jornada até aqui, por sempre estarem ao meu lado tornando a caminhada muito mais fácil e prazerosa.

Ao meu orientador, Roberto Lamberts, por demonstrar extrema paciência, domínio do assunto e disponibilidade em me ajudar ao longo deste trabalho.

Ao Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC, em especial a Ana Paula Melo, por toda a ajuda prestada.

Aos meus colegas de trabalho da Fit Sul, por transmitirem sempre os melhores valores profissionais a serem seguidos, por todos os ensinamentos e por toda ajuda que me passaram ao longo deste ano.

*O sucesso é ir de fracasso em fracasso
sem perder o entusiasmo.*

Winston Churchill

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a classificação da eficiência energética de uma edificação comercial, uma vez que se torna cada vez mais importante demonstrar aos usuários como as empresas se comportam referente ao consumo sustentável e suas preocupações em melhorias energéticas. Para isto, foi realizado um estudo de caso em uma academia na cidade de Florianópolis – SC. Os sistemas constituintes do estudo foram: envoltória da edificação, sistema de condicionamento de ar, sistema de iluminação e sistema de aquecimento de água. Utilizou-se para o cálculo deste caso o Novo Método de Avaliação que se encontra em desenvolvimento. Para cada sistema, explicou-se como é o procedimento para elaboração da escala de classificação, sempre utilizando duas condições, a condição de referência e a condição real, e os requisitos mínimos para obtenção de Classe A de eficiência energética. A partir de sua aplicação e de suas metodologias de cálculo, cada um dos sistemas foi classificado quanto à sua eficiência energética. Outro ponto de interesse de estudo, foi o consumo de energia, tanto elétrica quanto térmica, de cada um dos quatro sistemas. Posteriormente, executou-se a conversão destes consumos de energia em energia primária. De acordo com as dificuldades encontradas pelo uso do Novo Método de Avaliação, por ainda não possuir uma tipologia adequada para academias, foram apontados alguns aspectos de melhoria que podem ser desenvolvidos para enquadrar melhor a realidade.

Palavras-chave: Classificação Energética; Eficiência Energética; Novo Método de Avaliação; Análise de Edifícios Comerciais.

ABSTRACT

This work has as its overall objective the classification of the energy efficiency in a commercial building, as it becomes increasingly important to demonstrate to the users how the companies behave towards sustainable consumption and their concerns about the energy improvements. For this, a case study was done at a gym in the city of Florianópolis – SC. The constituent systems of the study were: building envelope, air conditioning system, lighting system and water heating system. For the calculation of this case study, the New Evaluation Method was used. For each system, it was explained how is the procedure to elaborate the classification scale, always using two conditions, the reference condition and the real condition, and the minimum requirements to obtain a Class A of energy efficiency. From the application and calculation methodologies of the New Evaluation Method, each of the systems was classified according to its energy efficiency. Another point of study interest was the consumption of energy, both electrical and thermal, of each of the systems. Subsequently, the conversion of these energy consumptions to primary energy was executed. According to the difficulties encountered by the use of The New Evaluation Method, because it does not yet have a suitable typology for gyms, some aspects of improvement that could be developed to fit better to the reality were pointed out.

Key-words: Energy Classification; Energy Efficiency; New Evaluation Method; Analysis of Commercial Buildings.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites aceitos para o uso do método simplificado.	19
Tabela 2 - Grupo Climático de Florianópolis	20
Tabela 3 - Tipologia de escritórios	21
Tabela 4 - Tipologia para edificações não descritas no novo método de avaliação	22
Tabela 5 - Espessura mínima, em cm, de isolamento para tubulações para condicionares de ar do tipo expansão direta	29
Tabela 6 - Fatores de Ajuste de Potência para sistemas com controladores de iluminação	31
Tabela 7 - Limites máximos aceitáveis de densidade de potência de iluminação, conforme a atividade desenvolvida no ambiente	32
Tabela 8 - Fatores de perda por metro de tubulação.....	36
Tabela 9 – Eficiência de sistemas de aquecimento de água	37
Tabela 10 – Volume diário de consumo de água quente por tipologia	40
Tabela 11 - Condutividade térmica e espessura mínima de isolamento para tubulações de água quente.....	40
Tabela 12 – Fatores de Conversão para energia primária	41
Tabela 13 - Coeficiente de Redução da Classe D para Classe A	43
Tabela 14 – Limite de intervalos para cada classe de eficiência energética para a envoltória.	44
Tabela 15 - Limite de intervalos para cada classe de eficiência energética para o sistema de iluminação artificial.....	45
Tabela 16 – Escala para obtenção da classe energética de sistema de aquecimento de água sem acumulação	46
Tabela 17 - Relação de Condicionadores de Ar	54
Tabela 18 - Separação dos Ambientes segundo as atividades desenvolvidas	55
Tabela 19 - Relação de Equipamentos	58
Tabela 20 - Valores encontrados para o Método Simplificado	59
Tabela 21 - DPE Geral.....	60
Tabela 22 - Carga Térmica Total Anual - Caso Referência	62
Tabela 23 - Carga Térmica Total Anual - Caso Real	63
Tabela 24 - Fator de Forma Geral	64
Tabela 25 - Coeficiente de Redução.....	64
Tabela 26 - Coeficiente i para Envoltória.....	65
Tabela 27 - Classe de Eficiência Energética da Envoltória.....	65

Tabela 28 - Classificação Energética do Sist. de Condicionamento de Ar	66
Tabela 29 - Consumo Elétrico do Sist. de Condicionamento de Ar	67
Tabela 30 - Consumo mensal aferido da academia	68
Tabela 31 - Histórico de Consumo do Sistema de Condicionamento de Ar	68
Tabela 32 – Análise de Carga Térmica Total Anual de acordo com o consumo elétrico	69
Tabela 33 – Análise de Consumo Elétrico para Classe A de eficiência.....	69
Tabela 34 - Economia Anual de Energia Elétrica com Classe A de eficiência.....	70
Tabela 35 – Economia anual da substituição dos condicionadores de ar.....	70
Tabela 36 - Payback descontado	71
Tabela 37 - Potência Limite Total - Classe D	72
Tabela 38 - Potência Limite Total - Classe A	72
Tabela 39 - Cálculo da DPI Real de cada ambiente	73
Tabela 40 - Potência Limite Total – Real.....	75
Tabela 41 - Consumo Elétrico do Sistema de Iluminação.....	75
Tabela 42 - Coeficiente i para Iluminação.....	76
Tabela 43 - Escala do Sistema de Iluminação	76
Tabela 44 - Classificação Energética do Sistema de Iluminação	76
Tabela 45 - Volume e Energia para aquecimento de água	77
Tabela 46 - Perdas Térmicas na Tubulação	78
Tabela 47 - Consumo anual de energia térmica	79
Tabela 48 - Consumo de energia primária pelo sistema de aquecimento	79
Tabela 49 - Classificação de Eficiência Energética do Sistema de Aquecimento de Água	80
Tabela 50 - Consumo de Equipamentos	81
Tabela 51 - Consumo de energia primária dos sistemas	82
Tabela 52 - Carga térmica adicional – DPE	84
Tabela 53 - Carga térmica adicional humana	84
Tabela 54 - Comparativo de Consumo Elétrico	86
Tabela 55 - Carga Térmica Adicional para o Sistema de Iluminação	86
Tabela 56 - Comparação entre carga térmica adicional e pelo consumo de eletricidade	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplificação da divisão de zonas térmicas.....	23
Figura 2 – Escala para classificação da eficiência energética	42
Figura 3 - Fluxograma de trabalho	47
Figura 4 - Fachada Principal da Academia Smart Fit.....	48
Figura 5 - Fachada Lateral da Academia Smart Fit.....	48
Figura 6 - Salão Principal da Academia	49
Figura 7 - Área do Mezanino.....	50
Figura 8 - Escritório localizado no interior da academia.....	50
Figura 9 - Propriedades Térmicas da parede da edificação	51
Figura 10 - Interface Web para calcular a carga térmica anual da envoltória	52
Figura 11 - Exemplo de tabela disponível para encontrar o CEE respectivo aos condicionadores de ar	54
Figura 12 - Modelo de aquecedor utilizado.....	57
Figura 13 - Escala de Eficiência Energética para a Envoltória	65

LISTA DE SIGLAS

CB3E = Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações

CEE = Coeficiente de Eficiência Energética

ENCE = Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

FF = Fator de Forma

FS = Fator Solar

GLP = Gás Liquefeito de Petróleo

INMETRO = Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

PBE = Programa Nacional de Etiquetagem

PROCEL = Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVO	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	17
1.4	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	17
2	NOVO MÉTODO DE AVALIAÇÃO PARA EDIFICAÇÕES COMERCIAIS... 18	
2.1	MÉTODO SIMPLIFICADO	19
2.1.1	<i>ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS CONDICIONADAS ARTIFICIALMENTE</i>	<i>20</i>
2.1.1.1	TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO	21
2.1.1.2	ZONAS TÉRMICAS	22
2.1.1.3	AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E GEOMÉTRICAS DA ENVOLTÓRIA	24
2.1.1.4	CARGA TÉRMICA TOTAL DE REFRIGERAÇÃO	25
2.1.2	<i>ANÁLISE DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....</i>	<i>26</i>
2.1.2.1	CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	28
2.1.2.2	REQUISITO MÍNIMO PARA OBTENÇÃO DA CLASSE A DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	28
2.1.3	<i>ANÁLISE DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....</i>	<i>29</i>
2.1.3.1	MÉTODO DAS ATIVIDADES DO EDIFÍCIO	30
2.1.3.2	CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO....	32
2.1.3.3	REQUISITO MÍNIMO PARA OBTENÇÃO DO NÍVEL A PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	33
2.1.4	<i>ANÁLISE DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA.....</i>	<i>34</i>
2.1.4.1	CONSUMO ENERGÉTICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	38

2.1.4.2 REQUISITO MÍNIMO PARA OBTENÇÃO DO NÍVEL A PARA SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	40
2.1.5 CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPAMENTOS	40
2.2 DETERMINAÇÃO DA ESCALA PARA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EDIFICAÇÃO	41
2.2.1 CÁLCULO DA ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARCIAL DO EDIFÍCIO	42
2.2.1.1 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA	42
2.2.1.2 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	44
2.2.1.3 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	44
2.2.1.4 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA	45
3 METODOLOGIA	47
3.1 O EMPREENDIMENTO	48
3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS	52
3.2.1 ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO	52
3.2.2 CONDICIONADORES DE AR	53
3.2.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	55
3.2.4 AQUECIMENTO DE ÁGUA	56
3.2.5 EQUIPAMENTOS	58
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA	61
4.1.1 DA ESCALA E CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA	64
4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS CONDICIONADORES DE AR	65
4.2.1 DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO CONDICIONAMENTO DE AR	66
4.2.2 ANÁLISE DE TROCA DOS CONDICIONADORES DE AR	67

4.3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	71
4.3.1	<i>DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO</i>	75
4.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA	77
4.4.1	<i>DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA</i>	80
4.5	CONSUMO DE EQUIPAMENTOS	80
4.6	CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA DE TODOS OS SISTEMAS	81
4.7	LIMITAÇÕES DO MÉTODO SIMPLIFICADO PARA A TIPOLOGIA DE ACADEMIA	82
4.7.1	<i>DA LIMITAÇÃO PARA A ENVOLTÓRIA</i>	82
4.7.2	<i>DA LIMITAÇÃO PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO</i>	85
4.7.3	<i>DA LIMITAÇÃO PARA O CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA</i>	87
5	CONCLUSÃO	88
	REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia elétrica no Brasil e no mundo traz a preocupação com a sua racionalização e melhor aproveitamento. Apesar de haver uma estabilidade no consumo entre os anos de 2013 e 2017 devido à crise financeira vivenciada no País, que freou o crescimento do consumo (EPE, 2017), existe uma grande preocupação do setor por conta da diminuição considerável de reserva do Sistema Interligado Nacional, que nos anos 1990 era de dez meses, e agora passou a ser de apenas quatro meses de armazenamento (CASTRO, BRANDÃO, *et al.*, 2017). O principal fator contribuinte para a redução desta capacidade de suprimento de energia se deu ao fato da redução das construções hidrelétricas, uma vez que a legislação se tornou mais rígida e os impactos ambientais começaram a fazer parte do cotidiano de estudo deste tipo de intervenção construtiva, que hoje representa por volta de 65% da geração de energia no Brasil (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2017).

Com o panorama de escassez de energia elétrica, principalmente em épocas de seca, o governo brasileiro passou a incentivar práticas de consumo consciente e eficiente da eletricidade. O primeiro passo foi dado ainda em 1985 com a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Além do esforço da conscientização através de campanhas e etiquetagem de aparelhos, que demonstram o consumo de diversos equipamentos aos consumidores, as empresas distribuidoras de energia no país são obrigadas a destinar 0,25% de sua receita operacional líquida a projetos de melhoramento da eficiência energética (ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008)

Trazendo esta preocupação de facilitar o conhecimento e entendimento do público em geral, em 2010 foi desenvolvido o Regulamento Técnico de Qualidade de Eficiência Energética de Edificações (RTQ). Este documento tem por objetivo aplicar requisitos mínimos de desempenho para edificações, no caso deste trabalho comerciais, e a obtenção do nível de eficiência energética, variando de A, caso mais eficiente, até E, caso menos eficiente. Assim é possível gerar uma etiqueta, nos padrões das que se encontram em equipamentos eletrodomésticos, para que os cidadãos que estejam utilizando a edificação consigam saber exatamente como a empresa ou órgão que utiliza o prédio, ou sala comercial, estão em conformidade com o zelo pela eficiência energética de suas atividades (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017). Este documento passa atualmente por uma evolução e será desenvolvido o Novo Método de Avaliação, utilizado neste trabalho, que aprimora o estudo dos gastos energéticos levando em conta uma condição de referência e outra de estudo de acordo com o consumo de energia primária dos sistemas avaliados.

Portanto, através do acompanhamento dos valores da conta de energia elétrica pagas pela loja comercial em estudo, houve o interesse por entender quais são os sistemas da edificação que possuem maior responsabilidade no consumo de energia. Com isso, é possível traçar um plano de melhoria e conseguir aprimorar o uso eficiente de energia elétrica, seja através de intervenções construtivas, por exemplo controles automáticos para o sistema de iluminação com sensores de presença, ou a compra de equipamentos com maior eficiência, gastando menos energia e trazendo o mesmo resultado e conforto para os usuários. Alinhando estes fatores é possível que haja a diminuição no montante pago e, conseqüentemente, uma economia para a empresa.

Com esta preocupação, este trabalho busca classificar uma edificação comercial, que abriga uma academia em Florianópolis, com base no Novo Método de Avaliação e buscar seu enquadramento seguindo as diretrizes apresentadas pelo regulamento de todos os sistemas constituintes da edificação, que são eles: envoltória, condicionadores de ar, iluminação e aquecimento de água.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem por principal objetivo classificar uma academia, localizada em Florianópolis, conforme o Novo Método de Avaliação, de acordo com seu nível de eficiência energética para cada um dos seus sistemas constituintes

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- 1º. Avaliação da envoltória da edificação e sua classificação energética;
- 2º. Avaliação do sistema de condicionamento de ar e sua classificação energética;
- 3º. Avaliação do sistema de iluminação e sua classificação energética;
- 4º. Avaliação do sistema de aquecimento de água e sua classificação energética.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho foi desenvolvida conforme as normas da ABNT e dividido em cinco capítulos.

O Capítulo 1 é para apresentação geral do trabalho, composto pela introdução, objetivos e justificava para o estudo do tema proposto, dando um panorama geral do motivo pelo qual o trabalho foi idealizado.

Já o Capítulo 2 diz respeito à revisão bibliográfica. Destinada ao desenvolvimento teórico das fundamentações de cálculo, apresentando os principais conceitos e critérios que serviram de base para a análise dos dados, conforme o que é apresentado pelo Novo Método de Avaliação para obtenção dos níveis de eficiência energética.

Em sequência, o Capítulo 3 é sobre a metodologia do estudo. Este foi produzido para apresentar as diretrizes que foram consideradas para o tratamento dos sistemas da edificação, os parâmetros utilizados de acordo com a construção da academia e os procedimentos para chegar à classificação de cada um deles.

Após a metodologia será apresentado o Capítulo 4, onde são demonstrados os resultados e discussões. Assim há a apresentação dos resultados calculados após a validação dos dados e a consequente classificação da eficiência energética da envoltória, condicionadores de ar, iluminação e aquecimento de água;

Por fim, o Capítulo 5 refere-se à conclusão do trabalho. Assim, há as considerações finais acerca da avaliação dos dados, proposta de melhorias para os sistemas e possíveis sugestões para trabalhos futuros.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho está delimitado pela avaliação dos sistemas constituintes de uma academia localizada em prédio de uso misto, localizado em Florianópolis, através da metodologia de classificação proposta pelo Novo Método de Avaliação.

O restante do prédio, ou seja, sua parte residencial, não fará parte do escopo deste estudo e, portanto, não será considerado na avaliação dos níveis de eficiência energética. Portanto, apenas os sistemas presentes única e exclusivamente na parte comercial, ou seja, presentes na academia serão analisados.

2 NOVO MÉTODO DE AVALIAÇÃO PARA EDIFICAÇÕES COMERCIAIS

O Novo Método de Avaliação, que vem em substituição do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C, tem como objetivo a análise de diversos fatores que contribuem para um maior ou menor gasto energético da edificação. Abrangem estes fatores, o aspecto construtivo, como a envoltória da edificação, a iluminação artificial e natural, o sistema de condicionamento de ar e o aquecimento de água. Juntando todos estes quesitos, nasce uma classificação energética real do empreendimento em comparação a uma de referência, levando em consideração a classe D de eficiência, proposta através do documento e consequentemente o nível em que se encontra o prédio avaliado (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Para avaliar tal edificação, o Novo Método de Avaliação leva em consideração o consumo de energia primária necessário, ou seja, a energia que está disponível em sua forma bruta, sem ter sofrido processos de transformação ou conversão e que pode ser oriunda de fontes renováveis ou não, para suprir a demanda exigida, através da conversão em energia útil de todos os sistemas instalados no ambiente estudado (ALVIM, CAMPOS FERREIA, *et al.*, 2000). Assim, é possível que tanto a energia elétrica quanto a térmica sejam calculadas e mostrem a real grandeza do que está sendo gasto mensalmente e anualmente, como também o impacto causado para manter a edificação nas duas condições previamente estabelecidas na sua concepção (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Além dos sistemas anteriormente descritos que servem para a classificação, o Novo Método De Avaliação também apresenta, apenas em caráter informativo, o uso racional de água e as emissões de dióxido de carbono (CO₂) da edificação avaliada. Como dito, estes parâmetros não são levados em questão para a classificação energética do estabelecimento, mas servem como um bom parâmetro para que o usuário saiba a real preocupação ambiental e energética despendida pela empresa e/ou setor público que está utilizando a edificação.

Fazendo-se necessária a determinação dos consumos energéticos para avaliação da edificação, o Novo Método De Avaliação apresenta dois métodos para o cálculo dos consumos envolvidos com os sistemas presentes, que são o método simplificado e o método de simulação. Ambos apresentam ferramentas para a determinação dos custos energéticos do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar, do sistema de aquecimento de água, de equipamentos e de iluminação. Vale salientar que o montante de carga térmica que deve ser resfriada é obtido através da envoltória da edificação e serve para o cálculo de quanto o sistema

de condicionamento de ar irá consumir mensalmente ou anualmente dependendo da análise proposta (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.1 MÉTODO SIMPLIFICADO

O método simplificado, como o seu nome já apresenta, é proposto para edificações convencionais onde o seu formato e tipo já são largamente difundidos no mercado construtivo em geral, assim como seus sistemas de condicionamento de ar, de iluminação e de aquecimento de água. Mas para o seu correto uso, deve-se verificar, primeiramente, se as condições de sua envoltória estão dentro de limites pré-estabelecidos pelo Novo Método De Avaliação, a fim de que não haja uma simplificação que acarrete em uma má avaliação e, posteriormente, uma classificação errônea da eficiência energética global e individual dos sistemas.

A seguir, a Tabela 1 demonstra os limites inferiores e superiores admissíveis para o uso do método simplificado. Caso a edificação a ser analisada não se enquadre dentro destes limites, deve-se passar para o uso do método de simulação para o correto emprego da classificação energética.

Tabela 1 - Limites aceitos para o uso do método simplificado.

Parâmetros	Limites	
	Valor mínimo	Valor máximo
Absortância da cobertura (α)	0,2	0,8
Absortância da parede (α)	0,2	0,8
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/m ² K	250 kJ/m ² K
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m ² K	250 kJ/m ² K
Contato com o solo	Sem contato (ex: sobre pilotis ou balanço)	Em contato
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
Pé-direito (PD)	2,6m	6,6 m
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5mm	Sim, Se isolamento > 5mm
Transmitância da cobertura (Ucob)	0,51 W/m ² K	5,07 W/m ² K
Transmitância da parede (Upar)	0,50 W/m ² K	4,40 W/m ² K
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.1.1 ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS CONDICIONADAS ARTIFICIALMENTE

Torna-se importante, primeiramente, a avaliação das condições de contorno do edifício para que haja a determinação da carga térmica total gerada devido aos materiais empregados na construção e tipologia total ou parcial dos ambientes. Para isso, o Novo Método De Avaliação separa em dois diferentes padrões. O primeiro diz respeito às edificações condicionadas artificialmente, podendo ser em sua totalidade de área ou apenas áreas parciais. O segundo modelo é para prédios onde há o aproveitamento de ventilação natural ou há a combinação de resfriamento dos ambientes através de condicionadores de ar e de ventilação natural. Nesta situação, onde apenas o arejamento natural não se faz suficiente para o resfriar o ambiente, conseqüentemente, a temperatura encontra-se fora da zona de conforto, ou seja, a temperatura na qual o ocupante sente insatisfação com a temperatura ambiente (ASHRAE, 2003), durante a sua permanência na edificação e há necessidade de resfriamento artificial (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Para analisar a envoltória usa-se duas condições, a condição real de desempenho térmico da envoltória (CgT_{TREAL}), valores estes expressos com base na carga térmica total anual da edificação, e a condição de referência (CgT_{TREF}). Ambas se baseiam nos aspectos construtivos físicos, geométricos e de carga interna gerada na edificação em estudo. No caso de referência, todos os aspectos são ditados conforme a tipologia em estudo, não podendo ser alteradas. Já na condição real há um levantamento dos materiais e disposições construtivas empregadas na edificação, ou seja, o que realmente foi construído.

Para a determinação do total necessário para refrigeração, o Novo Método de Avaliação utiliza modelos computacionais que manipulam as condições climáticas de cada região brasileira, através da classificação dos grupos climáticos, conforme classificação de (RORIZ, 2014), nos quais as edificações se encontram, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Grupo Climático de Florianópolis

Grupo Climático	Quantidade de municípios	Principais Municípios
1 - A	133	Araucária (PR), Cascavel (PR), Guarulhos (SP), Juiz de Fora (MG), Mauá (SP), Pinhais (PR), Santo André (SP), São Bernardo do Campo (SP), São Paulo (SP),
1 - B	28	Florianópolis (SC), Fazenda Vilanova (RS), Imbituba (SC), Magé (RJ), Santa Leopoldina (ES)

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

2.1.1.1 TIPOLOGIA DA EDIFICAÇÃO

Primeiramente, é preciso definir a tipologia do edifício como um todo ou parcialmente, ou seja, o padrão de uso de um prédio ou de seus ambientes. Como em um mesmo prédio pode haver diferentes áreas com distintas finalidades é necessário que cada uma seja analisada separadamente para refletir melhor as condições reais. Para a definição das tipologias, o Novo Método de Avaliação disponibiliza tabelas ligando o uso do ambiente às suas condições de referência. Neste trabalho será usada a tipologia de academias e de escritórios, conforme as Tabelas 3 a 4 a seguir.

Tabela 3 - Tipologia de escritórios

Uso típico	Edificações de escritórios	
	Condição real	Condição de referência
Geometria		
Forma		Condição real
Orientação solar (°)		Condição real
Pé-direito (piso a teto) (m)		Condição real
Aberturas		
PAF - Percentual de abertura da fachada (%)	Condição real	50
PAZ - Percentual de abertura zenital (%)	Condição real	0
Componentes construtivos		
<i>Parede</i>	Condição real	Argamassa interna (2,5 cm), bloco cerâmico furado (9 cm), argamassa externa (2,5 cm)
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
<i>Cobertura</i>	Condição real	Telha de fibrocimento, câmara de ar (>5 cm) e laje maciça de concreto (10 cm)
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m²K)	Condição real	2,06
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição real	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m²K)	Condição real	233
<i>Vidro</i>	Condição real	Vidro simples incolor 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	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°) *	Condição real	Condição real
Iluminação e ganhos		
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m²) **	Condição real	14,1***
Ocupação (m²/pessoa)	10,0	10,0
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	9,7	9,7
Horas de ocupação (horas)		10
Dias de ocupação (N _{ano})****		260
Condição do piso		Condição real
Condição da cobertura		Condição real
Isolamento do piso	Condição real	Sem isolamento
Condicionamento de ar (refrigeração)		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição real	2,60
Temperatura setpoint (°C)		24,0
Aquecimento de água*****		
		-

* A utilização do ângulo de obstrução vertical (AOV) é opcional e deve seguir as diretrizes do RAC.

** Caso a avaliação seja realizada somente para a envoltória, deve-se adotar na condição real a mesma densidade de potência de iluminação (DPI) da condição de referência.

*** Adotar este valor para a avaliação parcial da envoltória e para a utilização do método do edifício completo (Item C.II.2). Para o método da atividade dos edifícios e o método da potência ajustada, devem ser adotados os valores de potência de iluminação limite (DPI_L) para a classe D.

**** Os dias de ocupação desta tipologia foram calculados com base na média de dias de semana por ano, excluindo-se os fins de semana.

***** Tipologia com consumo de água quente não significativo para a avaliação do sistema.

Tabela 4 - Tipologia para edificações não descritas no novo método de avaliação

Uso típico	Edificações de Não Descritas	
	Condição Real	Condição de Referência
Geometria		
Forma	Condição Real	
Orientação Solar	Condição Real	
Pé-direito (pisos a teto) (m)	Condição Real	
Aberturas		
PAF - Percentual de Abertura da fachada (%)	Condição Real	60% na fachada principal, 5% nas demais
PAZ - Percentual de Abertura zenital (%)	Condição Real	0
Componentes Construtivos		
<i>Parede</i>	Condição Real	Argamassa interna (2,5cm), bloco cerâmico furado (9,0cm), argamassa externa (2,5cm)
Upar - Transmitância da parede externa (W/m ² K)	Condição Real	2,39
αPAR - Absortância da parede (adimensional)	Condição Real	0,5
CTpar - Capacidade térmica da parede (kJ/m ² K)	Condição Real	150
<i>Cobertura</i>	Condição Real	Telha de Fibrocimento, câmara de ar (>5cm) e laje maciça de concreto (10cm)
Ucob - Transmitância da cobertura (W/m ² K)	Condição Real	2,06
αCOB - Absortância da cobertura (adimensional)	Condição Real	0,8
CTcob - Capacidade térmica da cobertura (kJ/m ² K)	Condição Real	233
<i>Vidro</i>	Condição Real	Vidro simples incolor 6mm
FS - Fator solar do vidro (adimensional)	Condição Real	0,82
Uvid - Transmitância do vidro (W/m ² K)	Condição Real	5,7
AHS - Ângulo horizontal de sombreamento (°)	Condição Real	0
AVS - Ângulo vertical de sombreamento (°)	Condição Real	0
AOV - Ângulo de obstrução vertical (°)	Condição Real	
Iluminação e ganhos		
DPI - Densidade de potência de iluminação (W/m ²)	Condição Real	12,48*
Ocupação (m ² /pessoa)	10	
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)	12	
Horas de ocupação (horas)	12	
Dias de Ocupação (Nano)	300	
Condição do piso	Condição Real	
Condição da cobertura	Condição Real	
Isolamento do piso	Condição Real	Sem isolamento
Condicionamento de ar (refrigeração)		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Condição Real	2,60
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	24,0	
Aquecimento de água		
Eficiência do sistema de aquecimento de água sem acumulação	Condição Real	0,95
Temperatura de uso da água quente	38°C (norte e nordeste) 40°C (demais regiões)	
Temperatura de uso da água fria (°C)	Condição Real	
Perdas na tubulação - sistema sem acumulação	Condição Real	0
Perdas de armazenamento - sistema sem acumulação	Condição Real	0
Perdas da recirculação - sistema sem acumulação	Condição Real	0
*Valor a ser utilizado apenas no Método do Edifício Completo. Caso contrário, o valor deve ser retirado da tabela de Densidade Limite de Potência (DPI _L) para a Classe D de Eficiência Energética		

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

2.1.1.2 ZONAS TÉRMICAS

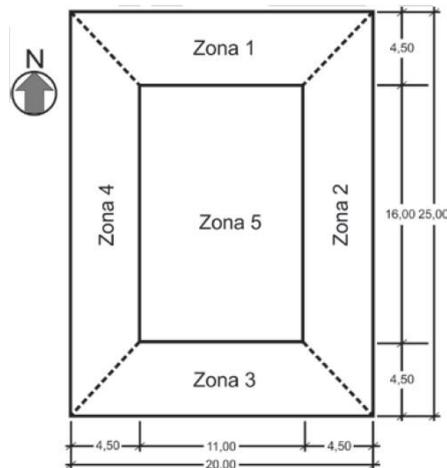
Após a separação das tipologias existentes em um mesmo prédio ou, caso seja possível, a tipologia total do edifício, é preciso dividir as zonas térmicas conforme suas áreas e seus parâmetros individuais. Algumas áreas não-condicionadas, em edificações que fazem uso

apenas de condicionamento artificial, são ditas como áreas transitórias e não fazem parte da análise das zonas térmicas (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

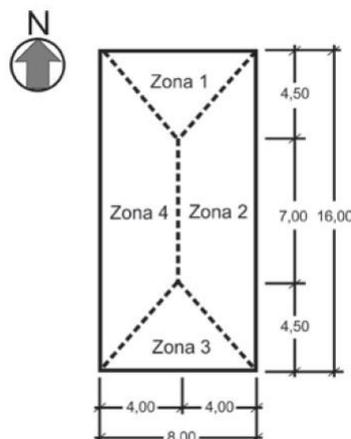
As zonas térmicas, portanto, são separadas em duas partes distintas: a parte perimetral e a parte interna, sendo esta a parte central do ambiente. As zonas periféricas são todas aquelas situadas a 4,50 m de profundidade em relação à parede externa do ambiente, com uma tolerância de no máximo 1,00 m, totalizando 5,50 m. Já as zonas internas são todas aquelas que começam a partir desta distância, ou seja, a mais de 4,50 m de comprimento a partir da parede externa. Em casos de ambientes menores, onde a largura ou comprimento existente sejam menores do que 9,00 m, toda a zona é considerada perimetral e não há zonas internas nestes casos, conforme a Figura 1 demonstra.

Figura 1 - Exemplificação da divisão de zonas térmicas

a) Ambientes com mais de 9,00m de largura ou comprimento possuem zonas perimetrais e internas.



b) Ambientes menores, aqueles com menos de 9,00m de largura ou comprimento, possuem apenas zonas perimetrais.



Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Além do tamanho das zonas térmicas, outros quesitos são importantes para definir a mudança destas regiões. São eles:

- a) Padrão de uso do ambiente;
- b) Alteração do tipo e/ou especificação técnica do sistema de condicionamento de ar;
- c) Densidade de iluminação (DPI) e de equipamentos (DPE);
- d) Espaços com pisos em contato com o solo ou em contato com o exterior;
- e) Espaços com coberturas em contato com o exterior;
- f) Espaços em contato com ambientes não condicionados artificialmente;

2.1.1.3 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E GEOMÉTRICAS DA ENVOLTÓRIA

Após a definição da tipologia e a divisão das zonas térmicas da edificação é preciso determinar as propriedades térmicas e geométricas da envoltória. Com estas informações é possível realizar o cálculo da carga interna de refrigeração ($CgT_{TREFRIG}$) para a condição real e de referência através da rede neural. As especificações que necessitam de avaliação e que influenciam na carga térmica interna gerada são:

1. Área da zona térmica (m^2);
2. Tipo de zona térmica (perimetral/interna);
3. Se existe contato com o solo;
4. Se a cobertura é voltada para o exterior;
5. Existência de isolamento térmico no piso;
6. Orientação Solar;
7. Horas de ocupação por dia (horas);
8. Densidade de Potência de Equipamentos (kWh/m^2); pode haver alteração dependendo da tipologia do ambiente;
9. Densidade de Potência de Iluminação (kWh/m^2); pode sofrer alterações caso esteja analisando a edificação como um todo, ou caso seja uma avaliação parcial este parâmetro é modificado conforme a tipologia do ambiente em questão;
10. Percentual de Abertura de Fachada;
11. Fator Solar;

12. Transmitância térmica do vidro, cobertura e paredes externas (W/m²K);
13. Absortância solar da cobertura e paredes externas;
14. Pé-direito (m);
15. Ângulo horizontal de sombreamento;
16. Ângulo vertical de sombreamento;
17. Ângulo de obstrução vertical;
18. Capacidade térmica da cobertura e paredes externas (kJ/m²K).

2.1.1.4 CARGA TÉRMICA TOTAL DE REFRIGERAÇÃO

Após serem examinados todos os parâmetros citados anteriormente, deve-se inserir os dados em uma interface web, disponibilizada através do *site* CB3E, para o cálculo da densidade de carga térmica anual de refrigeração (DCgT) para cada uma das zonas térmicas estudadas. Encontrando cada valor individual da densidade de carga térmica, valor expresso em kWh/m².ano para a condição real e de referência, os valores calculados devem ser somados. Assim encontra-se a carga térmica anual de refrigeração para os dois casos (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017), como demonstrado pela Equação 1:

$$CgT = \sum DCgT \times \text{Área } ZT \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

CgT = Carga térmica total para refrigeração (kWh/ano)

DCgT = Densidade de carga térmica de cada zona térmica (kWh/m².ano)

Área ZT = Área de cada zona térmica analisada (m²)

Para edifícios onde há ventilação natural ou condicionados parcialmente o método de cálculo da carga térmica total para refrigeração é outro e, conseqüentemente, prédios deste tipo estão fora do escopo deste trabalho. Portanto, para consultar o método de cálculo deve-se verificar no Novo Método De Avaliação os procedimentos necessários.

2.1.2 ANÁLISE DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Segundo o Novo Método de Avaliação, existem duas possíveis divisões para o sistema de condicionamento de ar. A primeira divisão diz respeito aos equipamentos que possuem etiquetas do INMETRO, ou seja, sua eficiência energética já foi avaliada e estudada. O segundo tipo são aqueles condicionadores de ar que não são etiquetados e, portanto, deve-se adotar diversos parâmetros de cálculos demonstrados através do Anexo B do Novo Método De Avaliação. Os condicionadores de ar não etiquetados pelo INMETRO não farão parte deste trabalho. Portanto, não será abordada a metodologia de cálculo para comprovar sua eficiência.

Para a correta avaliação da eficiência energética do sistema de condicionamento de ar existente em um edifício, algumas considerações precisam ser analisadas para o correto julgamento das regiões que serão descritas como condicionadas, entrando no cálculo de eficiência, e as áreas, que devido às suas características construtivas, podem ser ignoradas. São elas:

- Áreas que apresentem condicionamento de ar com carga térmica instalada superior a 350kW, devem possuir um sistema central de refrigeração. Caso não seja adotada este tipo de medida, é necessário a comprovação de que sistema individuais de condicionamento possuem menor consumo de energia para as condições pré-estabelecidas para o edifício.
- Na existência de subsolo em edifício, caso possua sistema de condicionamento de ar, este deve ser levado em conta para análise da eficiência do sistema. Caso o subsolo atenda a mais de um prédio, deve haver uma divisão proporcional da área do subsolo entre as áreas de projeção de cada edificação.
- Edifícios que possuam uma ligação única que seja comum a dois ou quantos blocos existirem e que a comunicação entre blocos seja realizada por ambientes de permanência transitória, por exemplo garagem ou hall de entrada, a área de transição deve ser avaliada com base em sua área proporcional às áreas de projeções dos blocos, semelhantemente ao método para divisão entre subsolos.
- Caso a ligação entre prédios seja realizada através de blocos condicionados, e que estes estejam interligados com o sistema de condicionamento central, esta parte de comunicação entre edifícios deverá ser considerada para o cálculo da eficiência do

sistema como um todo. Além disso, a área do bloco deve ser englobada normalmente ao valor final de consumo da edificação.

- Áreas como pátios, jardins de inverno e átrios descobertos são considerados ambientes externos e, conseqüentemente, não entram no cálculo do consumo do sistema de condicionamento. Caso as áreas citadas sejam cobertas, devido às técnicas construtivas adotadas, estas são consideradas ambientes internos e, desta forma, entrarão no cálculo do sistema de condicionamento de ar, uma vez que o possuam. Na situação em que o átrio seja utilizado por um longo tempo, ou seja, é uma área de permanência prolongada (APP) e não possua condicionamento de ar é necessário comprovar que o ambiente apresenta temperatura adequada para uso apenas com ventilação natural. Nos casos em que há comprovação de que o sistema de ventilação natural atende às necessidades dos usuários, os átrios, pátios ou jardins de inverno não são computados para o condicionamento de ar destas áreas.

Após a observação das considerações em como levar em conta algumas peculiaridades construtivas, pode-se passar para a determinação do sistema de condicionamento de ar de equipamentos que possuam a etiqueta do Inmetro. Portanto, para a determinação correta da eficiência energética dos condicionares de ar, deve-se seguir os seguintes procedimentos:

- 1º. Acessar o *site* do INMETRO e pesquisar o tipo de máquina que o estabelecimento utiliza. Por exemplo *split high-wall* ou *split* piso-teto, analisando qual o nível de eficiência atribuído às máquinas. É necessário que a classificação seja considerada através da última versão publicada pelo INMETRO e o valor adotado deve ser da classificação ENCE obtida através das tabelas do PBE/INMETRO;
- 2º. Fazer o levantamento dos condicionadores de ar existentes no prédio e seu respectivo coeficiente de eficiência energética;
- 3º. Calcular a média entre os diferentes coeficientes encontrados das máquinas contidas na edificação;
- 4º. Determinar a classe atingida através desta média calculada;
- 5º. Para determinar se um sistema atingiu o nível A de eficiência energética, este deve atender ao requisito mínimo exigido pelo Novo Método de Avaliação. Caso não haja o enquadramento no mínimo exigido, a nota máxima que o sistema alcançará será a Classe B de eficiência.

O valor de referência para o sistema de condicionamento de ar, aquele equivalente a classe D, deverá ser retirado também através do *site* do INMETRO. O valor a ser adotado deve seguir a última divulgação de dados existentes.

2.1.2.1 CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Conforme dito, deve-se avaliar o consumo do sistema de condicionamento de ar através de sua condição de referência (CCA_{PREF}), classe D, e a condição real (CCA_{PREAL}), ambas calculadas de acordo com a avaliação da envoltória do edifício através da carga térmica anual total gerada pelas suas condições de contorno. Portanto, o consumo elétrico para o resfriamento da edificação é dado pela seguinte equação:

$$CCA_E = \frac{CgT}{SPLV} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

CCA_E = Consumo de energia elétrica do sistema de condicionamento de ar (kWh/ano);

CgT = Carga térmica total anual da edificação (kWh/ano);

$SPLV$ = Eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

2.1.2.2 REQUISITO MÍNIMO PARA OBTENÇÃO DA CLASSE A DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com o quinto passo para obtenção do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar, para que conjunto de condicionadores de ar etiquetados pelo INMETRO atinja o nível A de eficiência, o requisito necessário é que em cada máquina haja um isolamento térmico mínimo da tubulação frigorígena. Assim, garante-se um isolamento térmico adequado sem perdas excessivas para o ambiente. A Tabela 5 apresenta as espessuras mínimas impostas para que haja um bom isolamento térmico, conforme a faixa de condutividade térmica. Caso a tubulação em estudo esteja fora da faixa proposta pela Tabela 5, deve-se recorrer a seguinte equação para o cálculo da espessura mínima de isolamento:

$$E = \left[\left(1 + \frac{e}{r} \right)^{\lambda/\lambda'} - 1 \right] \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

E = espessura mínima de isolamento da tubulação (cm);

r = raio externo da tubulação (cm);

e = espessura mínima de isolamento listada na Tabela 3 para a temperatura de fluido e tamanho da tubulação em questão (cm);

λ = condutividade térmica do material alternativa à temperatura média indicada para a temperatura do fluido (W/m.K);

λ' = valor superior do intervalo de condutividade térmica listado na Tabela 3 para a temperatura do fluido (W/m.K).

Tabela 5 - Espessura mínima, em cm, de isolamento para tubulações para condicionares de ar do tipo expansão direta

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)		
	Condutividade térmica (W/m.K)	Temperatura de ensaio (°C)	≤ 10	> 10 e ≤ 30	> 30
0 < T < 16	0,032 a 0,040	20	0,9	1,3	1,9

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017)

2.1.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para avaliar a classificação do sistema de iluminação presente em um edifício comercial, o Novo Método de Avaliação faz uso de três possíveis métodos. O método do edifício completo, o mais simples dentre todos e restrito a casos onde são desenvolvidas apenas três diferentes atividades, o método das atividades do edifício, que separa os ambientes conforme seus usos específicos ou somam-se as áreas que são utilizadas para uma mesma atividade e o método da potência ajustada, que é complementar ao método das atividades do edifício, mas para casos onde há necessidades especiais de iluminação. Este último citado não será abordado neste trabalho.

2.1.3.1 MÉTODO DAS ATIVIDADES DO EDIFÍCIO

O método das atividades do edifício é capaz de calcular individualmente os ambientes da edificação em que estejam sendo realizadas a mesma atividade, ou quando a atividade é exercida em mais de um ambiente é possível fazer o somatório das áreas destes ambientes.

Iniciando o procedimento de análise do sistema de iluminação através do método do edifício, deve-se escolher a atividade correspondente ao uso do ambiente em questão, como mostrado através da Tabela 6. Caso a atividade desejada não se encontre listada, pode-se escolher outra com características semelhantes, desde que haja uma comprovação.

Seguindo a metodologia de cálculo apresentada, atribui-se uma área iluminada (A_I) do ambiente para cada atividade em análise. No caso de apenas uma atividade desenvolvida no edifício, basta multiplicar a área iluminada pela densidade de potência limite total, conforme Equação 4. Para o caso de haver mais de um ambiente, somam-se todos de acordo com seu uso e área, de acordo com a Equação 5. Para a análise do sistema, são calculadas duas condições primeiramente. A condição de referência (PI_{TREF}), Classe D, e a condição para a Classe A de eficiência energética (PI_{TA}). Em ambos os casos, utiliza-se o valor de DPI_L para a condição estudada, sendo demonstrados estes limites através da Tabela 7 e após multiplicando-se pela área iluminada de cada atividade para obter-se a potência limite total das duas condições. Por fim, calcula-se a potência instalada (PI_T) para a condição real de maneira igual ao das outras duas condições. Vale salientar que a PI_{TREF} e a PI_{TA} serão usadas para montar a escala de classificação energética do sistema de iluminação, sendo realizada a comparação com a condição real (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

$$P_L = (A_I \times DPI_L) \quad \text{(Equação 4)}$$

Sendo:

P_L = Potência limite total;

A_I = Área iluminada;

DPI_L = Densidade de potência instalada.

Para situações onde existam mais de uma atividade, conforme dito anteriormente, é necessária a determinação da densidade de potência de iluminação limite para cada ambiente, como também a área individual correspondente aos ambientes que estão sendo analisados. Assim a potência limite para estes casos será o somatório das potências limites individuais.

$$P_{LT} = \sum_n P_L \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo:

P_{LT} = Potência limite total;

P_L = Potência limite de cada atividade;

n = número de atividades em análise para o caso de estudo.

Por fim, faz-se necessário a determinação da classe de eficiência do edifício através do comparativo entre o valor da potência instalada total (PI_T), sendo que este valor deve ficar no intervalo compreendido entre a potência limite da classe imediatamente inferior e da classe imediatamente superior da escala de eficiência energética do sistema (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Após a computação das potências, faz-se necessário a averiguação de sistema de controle de iluminação, caso existam na edificação. Quando estes existirem, é preciso a aplicação de fatores de ajuste de potência (FAP), conforme a Tabela 6, aos circuitos que possuem este tipo de controle. Contudo, estes fatores devem ser aplicados apenas à potência instalada total da condição real da edificação (PI_T).

Tabela 6 - Fatores de Ajuste de Potência para sistemas com controladores de iluminação

Tipo de controle	Fator de ajuste de potência (FAP)
Controle sensível à luz natural - por passos ou dimerizável ¹	0,1
Controle com sensor de ocupação dimerizável com desligamento automático	0,2
Controle dimerizável com programação e desligamento automático	0,05

¹ Restrito às áreas e respectivas densidades de potência instaladas com comprovação de projeto/ instalação de sistema de controle que permita o aproveitamento da iluminação natural.

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Dando prosseguimento à metodologia de cálculo, a condição real deve ser ajustada segundo o fator de ajuste escolhido para a situação encontrada *in loco*, de acordo com a seguinte equação:

$$PI_T = \sum(P_C \times FAP) \quad (\text{Equação 6})$$

Sendo:

PI_T = Potência instalada real no ambiente;

P_C = Potência controlada;

FAP = Fator de Ajuste de Potência.

Tabela 7 - Limites máximos aceitáveis de densidade de potência de iluminação, conforme a atividade desenvolvida no ambiente

Ambientes/Atividades	DPLL Classe A (W/m ²)	DPLL Classe B (W/m ²)	DPLL Classe C (W/m ²)	DPLL Classe D (W/m ²)
Área de Ginástica	8,85	10,05	11,26	12,48
Circulação	7,1	8,52	9,94	11,36
Cozinha	11,4	13,31	15,22	17,12
Escritório	10	13,02	16,03	19,04
Garagem	1,5	2,07	2,64	3,2
Vestiários	5,15	7,77	10,36	12,96

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.1.3.2 CÁLCULO DO CONSUMO ENERGÉTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para o cálculo do consumo total referente ao sistema de iluminação do edifício estudado, basta realizar a multiplicação da potência total instalada, conforme exposto acima, pelas horas de uso durante o dia vezes a quantidade total de dias em que o sistema entra em funcionamento durante o ano, de acordo com a equação 7.

$$CIL = PI_T \times (h \times N_{ano}) \quad \text{(Equação 7)}$$

Sendo:

CIL = Consumo do sistema de iluminação (kW/ano);

PI_T = Potência total instalada (kW);

h = horas de uso da edificação por dia (horas);

N_{ano} = dias de uso durante o ano.

2.1.3.3 REQUISITO MÍNIMO PARA OBTENÇÃO DO NÍVEL A PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para uma edificação estar elegível ao nível A de eficiência energética, esta deve cumprir três requisitos mínimos para a obtenção da classe máxima. São eles a divisão dos comandos de iluminação, a contribuição da luz natural e o desligamento automático do sistema de iluminação.

A divisão dos comandos de iluminação exige que todo ambiente que possuir fechamento até o teto, seja por parede ou divisória, deverá possuir em seu interior um controle manual de acionamento de iluminação de fácil acessibilidade e localizado de forma que seja possível visualizar todo o ambiente que está sendo iluminado pelo controlador interno. Em caso de edificações públicas, este controlador pode ficar em outro ambiente controlado apenas por funcionários autorizados por questões de segurança. Devido ao aspecto arquitetônico de ambientes que impossibilitem a visualização total do ambiente iluminado, deve-se instalar uma placa próximo ao controlador manual que identifique qual é a área controlada pelo interruptor (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017). Em áreas com metragem superior a 250 m² a divisão deve-se dar da seguinte forma:

- Para ambientes de até 1000 m² deve haver uma divisão de até 250 m²;
- Para ambientes maiores de 1000 m², divide-se a até 1000 m².

Para a correta divisão dos controladores há a necessidade de se avaliar as exceções existentes em cada edifício, sendo elas:

- a) Espaços de dimensões grandes, ou seja, aqueles com área maior do que 1000 m² podem necessitar de uma configuração diferenciada de controle de iluminação para que haja segurança e plena visualização da área;
- b) Áreas de permanência provisória, como *halls*, e garagens não necessitam de divisão dos comandos de iluminação conforme a regra estabelece;
- c) Ambientes de uso comum com sistema de automação;
- d) Acessos de emergência ou demais ambientes que necessitem de uma configuração diferenciada por regulamentações legais.

O segundo requisito é a utilização da contribuição de luz natural em ambientes que possuem aberturas, ou seja, aqueles que possibilitem a entrada de iluminação solar, e tenham uma linha de luminárias paralela às aberturas. Estes ambientes devem possuir um controle instalado, podendo ser manual ou automático, para que seja possível um acionamento individual desta parte em particular para que seja promovido o aproveitamento da luz natural em ambientes.

Por último, o requisito necessário para que um sistema de iluminação tenha possibilidade de ser apto ao nível A, é o desligamento automático das luzes internas em ambientes maiores do que 250 m², sendo que seu funcionamento deve seguir as seguintes diretrizes:

- a) Desligamento em horários pré-definidos por funcionários que saibam das necessidades de iluminação dos ambientes. Para ambientes de até 2.500 m² deverá haver uma programação independente;
- b) Desligamento através de sensores de presença que apaguem as luzes 30 minutos após a desocupação de todos os usuários;
- c) Desligamento por controle ou sistema de alarme que possua detecção autônoma para reconhecer que o ambiente está sem ocupante.

Ambientes que funcionem ininterruptamente, que abriguem tratamento e/ou descanso de pacientes ou ambientes em que, caso haja o desligamento da iluminação, leve risco aos usuários do edifício, são considerados exceções para obtenção do nível A de eficiência energética (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.1.4 ANÁLISE DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

O aquecimento de água em casas depende de energia para aquecer a temperatura da água até o desejável para o seu uso. Quando se trata de prédio, existem três parcelas de consumo de energia principais que compoem o sistema de aquecimento juntamente com o rendimento associado ao modelo de aquecedor que é utilizado. As três principais parcelas são:

- 1º. Energia que é consumida para o aquecer o total de água quente que é utilizada nos pontos de distribuição, como em chuveiros, no prédio;
- 2º. Geração de energia através de sistema que recuperam calor ou por energia solar térmica;

- 3°. Energia que é gasta para compensar as perdas no sistema tanto de distribuição quanto de armazenamento, quando existente, como no caminhamento da tubulação de água quente onde há perdas ao longo do trecho, no sistema de recirculação de água e no armazenamento de água quente em *boilers*.

A energia proveniente de sistemas que recuperam calor, ou que geram energia solar térmica não são abordadas neste trabalho devido à sua inexistência no prédio que é fruto de análise. Portanto, as perdas tornam-se o fator mais preponderante para se avaliar devido ao fato de existir em qualquer sistema que utilize água quente gerada longe dos pontos de consumo, tornando importante a compensação energética necessária para que haja um adequado atendimento aos usuários que usufruem da rede de distribuição (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

As perdas computadas no sistema de distribuição, através de suas tubulações, são expressas pela equação a seguir:

$$E_{A,per,tub} = F_{per,tub} \times L_{tub} \quad (\text{Equação 8})$$

Sendo:

$E_{A,per,tub}$ = Perda térmica na tubulação de sistemas sem recirculação de água quente (kWh/dia);

$F_{per,tub}$ = Fator de perda térmica por metro de tubulação, de acordo com a Tabela 8 em função do seu diâmetro e a espessura de isolamento presente (kWh/dia.m);

L_{tub} = Caminhamento total da tubulação de água quente que atende aos pontos de distribuição (m).

Tabela 8 - Fatores de perda por metro de tubulação

Diâmetro nominal da tubulação (mm)	Diâmetro de referência (polegadas)	Espessura do isolamento térmico (mm)							
		0 (M)	0 (P)	5 (Ref)	10	13	19	22	25
Fator de perda (kWh/dia/m)									
15	½	677	0,2079	0,0092	0,0056	0,0043	0,0037	0,0034	0,0032
22	¾	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 ¼	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

NOTA: (M) corresponde a tubulação metálica não-isolada termicamente, (P) corresponde a tubulação polimérica não-isolada termicamente e (Ref) indica a condição de referência. Os valores referentes às tubulações com isolamento térmico independem do material da tubulação.

Nota 2: caso o diâmetro da tubulação não esteja especificado na tabela acima, adotar o valor mais próximo.

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Para o cálculo de perda térmica em sistema de recirculação de água quente, utiliza-se a seguinte equação:

$$E_{A,per,recirc} = F_{per,recirc} \times L_{recirc} \quad (\text{Equação 9})$$

Sendo:

$E_{A,per,recirc}$ = Perda térmica proveniente da tubulação que possui sistema de recirculação;

$F_{per,recirc}$ = Fator de perda em tubulações com recirculação por metro (0,959 kWh/dia.m);

L_{recirc} = Comprimento da tubulação da rede hidráulica de água quente (m).

Caso existam sistemas que automatizem a recirculação de água, conforme os descritos a seguir, as perdas na rede devem ser desconsideradas. Os sistemas são:

- Conforme a temperatura da rede de distribuição de água quente, o sistema de recirculação é ligado ou desligado;
- Automação por período pré-programado;
- De acordo com a demanda de água quente o sistema é acionado automaticamente ou manualmente.

Outro fator de suma importância para a avaliação do sistema de água quente em um edifício é o rendimento dos aquecedores que são utilizados e, conseqüentemente, sua eficiência, onde se deve levar em conta as seguintes configurações para a correta determinação do rendimento associado à rede de distribuição de água quente:

- 1º. Quando o sistema possuir apenas um aquecedor, a eficiência do aquecedor é a mesma do sistema;
- 2º. Quando o sistema contar com mais de um aquecedor, a parcela de eficiência que diz respeito a cada aquecedor é obtida através do somatório das potências nominais de cada um;
- 3º. Quando o sistema possuir ligação de aquecedores de diferentes modelos em série, a contribuição de cada um deve ser determinada. Sempre respeitando a seqüência de instalação dos aquecedores;
- 4º. Quando existir associação de aquecedores em paralelo, a parcela correspondente a cada um é determinada através da sua potência nominal comparado ao total instalado no local.

Para obtenção do rendimento de cada aparelho, é possível retirar este dado pelo site do INMETRO, caso conste o modelo que está sendo analisado. Em casos onde o aquecedor utilizado não possuir etiquetagem, a Tabela 9 apresenta as porcentagens de rendimento que devem ser utilizados para o cálculo.

Tabela 9 – Eficiência de sistemas de aquecimento de água

Sistema de água quente	Eficiência (%)
Sistema de aquecimento por resistência elétrica em imersão (<i>boiler</i>)	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 (<i>chuveiro elétrico</i>)	95
Aquecedor de acumulação a gás	65
Aquecedor de acumulação a combustível sólido (<i>lenha</i>)	55
Bomba de calor elétrica para aquecimento exclusivo de água	*

* a eficiência da bomba de calor deve ser informada pelo fabricante.

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.1.4.1 CONSUMO ENERGÉTICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

O consumo energético requerido para o aquecimento de água pode ser originado tanto através de energia elétrica quanto de energia térmica. Estes dois tipos devem ser avaliados separadamente para obter-se o montante total de energia consumida pelo sistema inteiro. Neste trabalho será abordado apenas o consumo referente ao sistema térmico, pois o sistema utilizado é o de aquecimento a gás de passagem e sem acumulação.

Para o cálculo do consumo energético, segundo o Novo Método de Avaliação, deve-se levar em conta os dias de utilização do edifício, a energia requerida para esquentar a quantidade de água devido à tipologia do edifício, a energia solar térmica ou de sistemas que recuperem calor, a energia perdida através da tubulação por falta de isolamento térmico adequado, energia referente às perdas térmicas do sistema de recirculação, energia perdida em sistema de acumulação e o rendimento do aquecedor de água térmico existente na edificação. A equação 10 apresenta como realizar o cálculo.

$$CAA_T = N_{ano} \chi \frac{E_{AA} - E_{AA,rec,sol} + E_{AA,per,tub} + E_{AA,per,rec} + E_{AA,res}}{r_{aq}} \quad (\text{Equação 10})$$

Sendo:

CAA_T = Consumo anual de energia térmica para o aquecimento de água (kWh/ano);

N_{ano} = Número de dias utilizados ao ano de acordo com a tipologia do edifício;

E_{AA} = Energia necessária para o aquecimento da água (kWh/dia);

$E_{AA,rec,sol}$ = Energia para o aquecimento de água através de sistemas solares ou que recuperem calor, caso encontrem-se presentes (kWh/dia);

$E_{AA,per,tub}$ = Energia despendida para as perdas provenientes da distribuição de água, deixando de fora o sistema de recirculação de água (kWh/dia);

$E_{AA,per,rec}$ = Energia necessária para atender as perdas dos sistemas de recirculação (kWh/dia);

$E_{AA,res}$ = Energia para complementar as perdas oriundas de sistemas de acumulação de água (kWh/dia);

r_{aq} = Rendimento dos aquecedores de água térmicos utilizados na edificação em estudo.

A energia necessária para atender a demanda de utilização conforme a tipologia da edificação é calculada através da Equação 11, onde a mesma depende das temperaturas utilizadas de água e do volume necessário de consumo diário (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

$$E_{AA} = 1,162 \times V_{dia} \times (\theta_{A,uso,armaz} - \theta_{A,0}) \quad (\text{Equação 11})$$

Sendo:

E_{AA} = Energia consumida para suprir a demanda diária de água quente (kWh/dia);

V_{dia} = Volume diário de consumo de água quente (m³/dia);

$\theta_{A,uso,armaz}$ = Temperatura de uso da água quente (°C);

$\theta_{A,0}$ = Temperatura da água fria (°C).

Em casos onde não há o armazenamento de água quente, a temperatura mínima aceita para o cálculo da energia consumida para o uso da água é de 40°C para a região sul. Em sistemas que possuam armazenamento, o mínimo utilizado como temperatura de uso passa a ser de 60°C não importando qual é a região em que está localizado o edifício em estudo (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Os valores, que devem ser utilizados para água fria, são obtidos através da média anual da temperatura ambiente da cidade onde encontra-se a edificação, diminuindo deste valor 2°C. Caso não seja possível encontrar as informações da cidade em questão, é necessário adotar o valor da cidade mais próxima.

Por fim, para o cálculo do volume de água necessário, através da Equação 12, leva-se em conta a tipologia da edificação, neste caso academias, e do número de pontos de consumo de água quente. A Tabela 10 demonstra o montante de volume de água consumido por dia conforme o uso da edificação, sendo este valor pré-definido pelo Novo Método de Avaliação.

$$V_{dia} = \sum V_{dia,f} \times f \quad (\text{Equação 12})$$

Sendo:

V_{dia} = Volume diário de água quente necessário (L/dia);

$V_{dia,f}$ = Volume diário de água quente por pessoa;

f = Número de pontos de banho.

Tabela 10 – Volume diário de consumo de água quente por tipologia

Edificações Esportivas	
Clubes e academias (L/dia/ponto de banho)	100

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.1.4.2 REQUISITO MÍNIMO PARA OBTENÇÃO DO NÍVEL A PARA SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Por fim, para que o sistema alcance nível A de eficiência, o mesmo deve cumprir apenas dois pré-requisitos determinados no Novo Método de Avaliação. O primeiro é a automação do sistema de recirculação de água quente, descrita acima. Também é preciso que as tubulações de água quente utilizem isolamento térmico com espessura mínima e condutividade térmica dentro do limite estabelecido, conforme a Tabela 11. E por fim, caso haja mais de um aquecedor para aquecimento de água, os mesmos devem ser controlados por um sistema de acionamento automático que determina o acionamento de dois ou mais aquecedores conforme a demanda de uso da água quente (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Tabela 11 - Condutividade térmica e espessura mínima de isolamento para tubulações de água quente

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

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.1.5 CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPAMENTOS

Para obtenção do gasto energético resultante do uso de equipamentos eletrônicos, multiplica-se a potência instalada na edificação pela quantidade de horas de funcionamento destes utilitários, conforme Equação 13. Adotando os valores de acordo com a tipologia do edifício apresentada anteriormente.

$$CEQ = P_i \times (h \times N_{ano}) \quad (\text{Equação 13})$$

Sendo:

CEQ = Consumo de energia elétrica de equipamentos (kWh/ano);

P_i = Potência instalada de equipamentos (W);

h = Horas de uso diário do edifício (horas);

N_{ano} = Dias de uso da edificação.

2.2 DETERMINAÇÃO DA ESCALA PARA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EDIFICAÇÃO

Segundo o Novo Método De Avaliação, o nível de eficiência energética de uma edificação é obtido por meio da sua performance referente ao consumo de energia primária devido ao consumo de energia elétrica e térmica, após transformadas pelos fatores de conversão expostos na Tabela 12, devendo levar em conta a geração de energia renovável, caso haja. Para obter-se um patamar de comparação, calcula-se um consumo de energia primária de referência (CEP_R) e outro com a situação real do prédio avaliado (CEP). Portanto, a classe de eficiência é obtida como uma porcentagem de economia da condição real em relação à condição de referência, como o esquema geral apresentado pela Figura 2, sendo que quanto maior esta porcentagem, maior a eficiência energética da edificação (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Tabela 12 – Fatores de Conversão para 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).

Figura 2 – Escala para classificação da eficiência energética

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	–	$> CEP_{REF} - 3i$	$> CEP_{REF} - 2i$	$> CEP_{REF} - i$	$> CEP_{REF}$
Limite Inferior	$< CEP_{REF} - 3i$	$\leq CEP_{REF} - 2i$	$\leq CEP_{REF} - i$	$\leq CEP_{REF}$	–

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Portanto, de acordo com o Novo Método de Avaliação, ao se avaliar todos os sistemas de uma edificação, critério este obrigatório, é possível obter-se a ENCE Geral. Em casos onde haja apenas a necessidade de avaliar-se sistemas individuais ou apenas a envoltória, é possível obter a ENCE parcial da edificação. Vale destacar que é possível a avaliação de apenas parcelas de um edifício, como no caso de salas comerciais abrigadas em edifícios mistos, e, conseqüentemente, os sistemas parciais referentes a esta parcela devem fazer parte da mesma ENCE, que é o caso estudado neste trabalho (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.2.1 CÁLCULO DA ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARCIAL DO EDIFÍCIO

2.2.1.1 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA

Para avaliação da envoltória serão considerados dois cenários, conforme já descrito anteriormente. O primeiro será sua condição real, ou seja, utilizando os parâmetros realmente encontrados na edificação. O segundo será sua condição de referência, levando em consideração a tipologia da edificação, conforme as Tabelas 3 e 4. Com as duas condições conhecidas e arbitrados todos os seus parâmetros, é possível obter as cargas térmicas totais anuais referentes a cada uma delas, seguir com o procedimento de cálculo para a elaboração da escala da envoltória e, em conseqüência, a obtenção da classe de eficiência energética da envoltória da edificação, conforme será descrito (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Primeiramente é necessário calcular o fator de forma do espaço que será estudado, ou seja, a relação entre a área da envoltória e o volume total construído, conforme expresso pela equação 12.

$$FF = \frac{A_{env}}{V_{tot}} \quad (\text{Equação 12})$$

Sendo:

FF = Fator de forma do espaço estudado (m²/m³);

A_{env} = Área da envoltória (m²);

V_{tot} = Volume total construído (m³).

Após a definição do fator de forma, é necessário obter o coeficiente de redução de carga térmica total anual da Classe D para a Classe A (CRCgT_{D-A}), levando em conta o grupo climático onde localiza-se o edifício estudado, demonstrado na Tabela 2, e o fator de forma. O Coeficiente é demonstrado conforme a Tabela 13 para o Grupo Climática 1-B, grupo em que o município de Florianópolis está enquadrado, para a Tipologia de Edificações Não Descritas pelo método.

Tabela 13 - Coeficiente de Redução da Classe D para Classe A

Grupo Climático	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe D para a classe A (CRCT _{D-A})			
	FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	FF > 0,40
GCL 1- A	0,38	0,40	0,41	0,43
GCL 1- B	0,31	0,34	0,35	0,36

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

O próximo passo é encontrar o intervalo *i* dentro do qual a escala será montada. Este índice é dividido em 3 regiões, cada uma expressando uma classe de eficiência energética, variando da Classe D até a A, ou, caso a edificação supere os consumos da classe de referência, automaticamente ela será considerada como Classe E de eficiência energética. O cálculo do índice é mostrado pela Equação 13 e, em seguida, é possível montar a tabela para obter a classificação da envoltória demonstrada através da Tabela 14, fazendo o comparativo entre a carga térmica real da edificação (CgT_{TREAL}) e a carga térmica de referência (CgT_{TREF}) corrigida pelo índice *i* para cada classe de eficiência energética (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

$$i = \frac{(CgT_{TREF} \times CRCgT_{D-A})}{3} \quad (\text{Equação 13})$$

Sendo:

i = intervalo para obtenção da escala;

CgT_{TREF} = Carga térmica total ou parcial da envoltória estudada (kWh/ano);

$CRCgT_{D-A}$ = Coeficiente de redução da classe A para D.

Tabela 14 – Limite de intervalos para cada classe de eficiência energética para a envoltória

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	–	$> CgT_{TREF} - 3i$	$> CgT_{TREF} - 2i$	$> CgT_{TREF} - i$	$> CgT_{TREF}$
Limite inferior	$< CgT_{TREF} - 3i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF}$	–

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.2.1.2 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

De acordo com a explicação anterior no item 2.1.2, o sistema de condicionamento de ar condicionado que possuir etiquetagem do INMETRO será avaliado segunda sua classificação de eficiência energética conforme o Selo Procel, que tem por finalidade ser um instrumento de facilitação ao usuário para simplificar o entendimento de quais equipamentos gastam menos energia (PROCEL, 2006). Portanto, a classe de eficiência do sistema é encontrada através da média de classificação dentre os condicionadores de ar encontrados na edificação.

2.2.1.3 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Assim como no caso da envoltória da edificação, o sistema de iluminação artificial também é avaliado na condição real e de referência. Sendo a condição de referência corrigida por um intervalo i , dividindo-o em 3 intervalos, levando em conta também a condição que é atribuída ao nível A (PI_{TA}) de eficiência, obtida através do método escolhido para o cálculo da potência total instala. Assim, consegue-se chegar aos limites de potência instalada total para cada classe de eficiência energética variando de D até A, caso mais eficiente. Quando houver uma extrapolação da potência total instalada real (PI_T) em relação à potência total instalada de referência (PI_{TREF}), o sistema será classificado como Classe E de eficiência energética, ou seja,

o menos eficiente possível (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017). Para o cálculo do intervalo i , utiliza-se a Equação 14.

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3} \quad (\text{Equação 14})$$

Sendo:

i = coeficiente de intervalo entre as classes de eficiência energética;

PI_{TREF} = Potência instalada total da condição de referência, classe D;

PI_{TA} = Potência instalada total referente à classe A de consumo conforme o método escolhido para seu cálculo.

Após encontrado o coeficiente i é possível montar a tabela de classificação energética para o sistema de iluminação artificial, conforme Tabela 15. Assim, encontra-se onde a condição real de estudo se enquadra, possibilitando a classificação da sua respectiva classe de eficiência energética. É importante salientar que além dos conjuntos de luminárias, deve-se incluir na potência instalada total os reatores, transformadores e sistemas de controles, caso existam, no somatório total da potência (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

Tabela 15 - Limite de intervalos para cada classe de eficiência energética para o sistema de iluminação artificial

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	–	$> PI_{TREF} - 3i$	$> PI_{TREF} - 2i$	$> PI_{TREF} - i$	$> PI_{TREF}$
Limite inferior	$< PI_{TREF} - 3i$	$\leq PI_{TREF} - 2i$	$\leq PI_{TREF} - i$	$\leq PI_{TREF}$	–

Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

2.2.1.4 ESCALA E CLASSE DE EFICIÊNCIA PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Para analisar a classe de eficiência energética em que se enquadra o sistema de aquecimento de água, é necessário calcular primeiramente qual a quantidade de energia primária consumida na edificação em questão na sua condição de referência ($E_{AA,tot,ref}$) e real

($E_{AA,tot,real}$). O valor de consumo é encontrado através da transformação da energia elétrica e térmica, através do fator de conversão, em primária, conforme demonstrado pela Equação 15.

$$E_{AA,tot} = (fcE \times CAA_E) + (fcT \times CAA_T) \quad (\text{Equação 15})$$

Sendo:

$E_{AA,tot}$ = Energia total primária consumida para aquecimento de água (kWh/ano);

fcE = Fator de conversão de energia elétrica em energia primária, conforme Tabela 13;

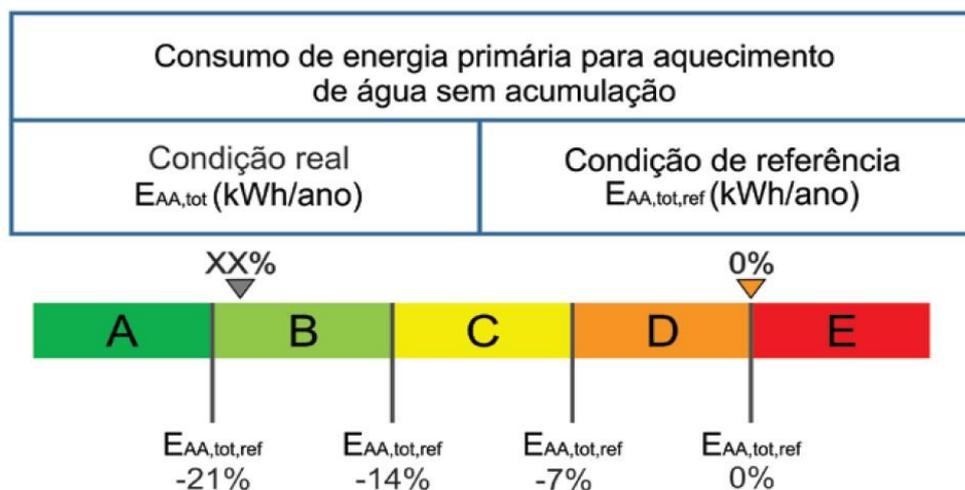
CAA_E = Consumo total de energia para aquecimento de água através de energia elétrica (kWh/ano);

fcT = Fator de conversão de energia térmica em energia primária, conforme Tabela 13;

CAA_T = Consumo total de energia para aquecimento de água através de energia térmica (kWh/ano).

Após a realização do cálculo, a classe de eficiência energética é obtida através da porcentagem de economia da condição real em relação à condição de referência. Caso não haja economia e/ou gasto a mais de energia primária da condição real, o sistema é classificado como classe E de energia. As porcentagens de economia são padronizadas pelo Novo Método de Avaliação, conforme a demonstração da Tabela 16.

Tabela 16 – Escala para obtenção da classe energética de sistema de aquecimento de água sem acumulação



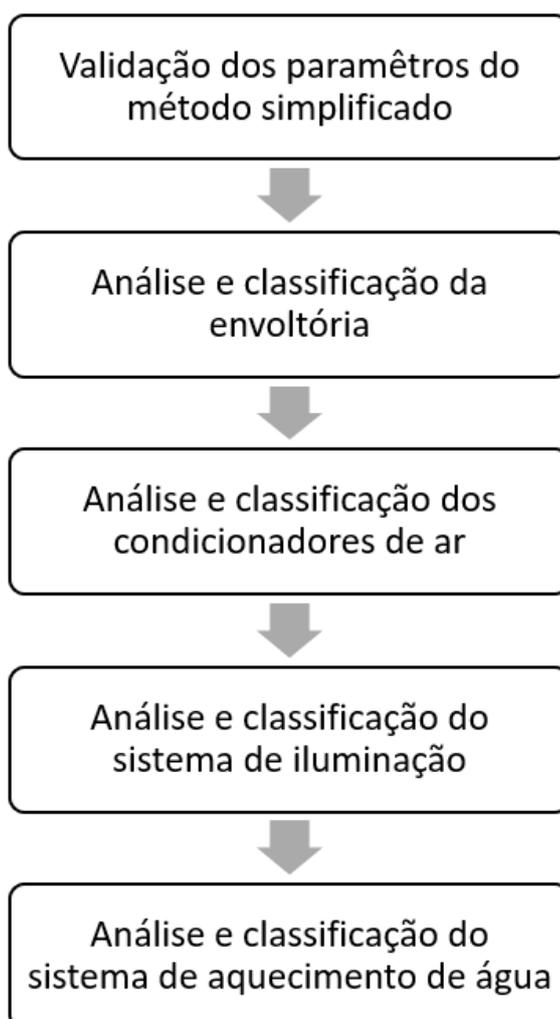
Fonte: (CB3E E PROCEL EDIFICA, 2017).

3 METODOLOGIA

Para a análise completa da sala comercial em questão, o presente estudo irá verificar as condições de contorno para a utilização do método simplificado, conforme Tabela 1 – Limites aceitos para uso do método simplificado apresentada anteriormente. Neste passo inicial, será exposto os valores dos parâmetros necessários para a utilização do método simplificado e se o presente estudo pode ser enquadrado neste método. Após a validação ao método, será realizado o cálculo da classificação energética de cada sistema contido na edificação em estudo. Vale salientar que o escopo deste trabalho está voltado para a área comercial da edificação. Sendo assim, sua área residencial não será analisada em nenhum dos quesitos propostos.

O fluxograma, apresentado na Figura 3, facilita o entendimento da sequência de estudo que será seguida para cumprir o objetivo do estudo.

Figura 3 - Fluxograma de trabalho

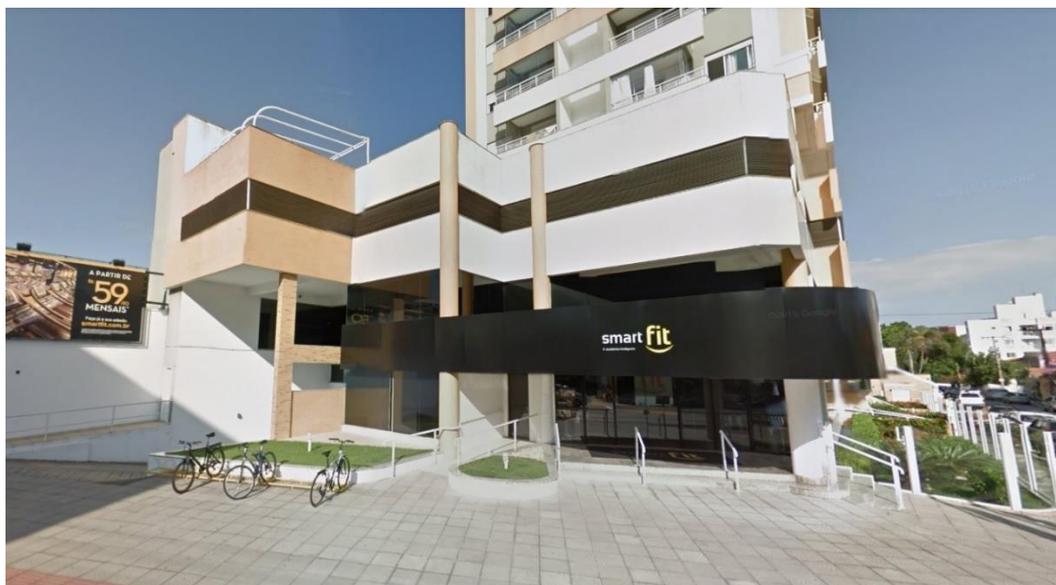


Fonte: Autor

3.1 O EMPREENDIMENTO

A Academia Smart Fit analisada encontra-se situada em um prédio de uso misto localizado no bairro Coqueiros, Florianópolis. As Figuras 4 a 5 demonstram a fachada da academia. A fachada principal da edificação é direcionada para o oeste.

Figura 4 - Fachada Principal da Academia Smart Fit



Fonte: Google Street View

Figura 5 - Fachada Lateral da Academia Smart Fit

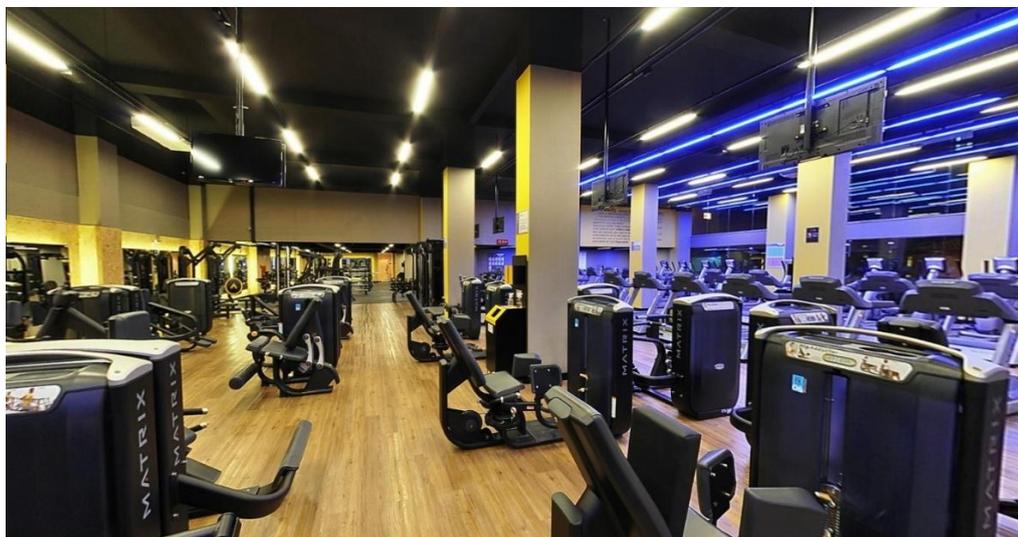


Fonte: Autor

Atualmente, a fachada lateral conta com películas para amenizar a o ganho de calor através dos raios solares. Metade do vidro superior possui um adesivo vinílico preto, evitando totalmente a penetração de luz solar e o restante da vidraçaria possui película. Sendo assim, o percentual de abertura da fachada lateral, onde há a maior fachada de vidro, é de 68%. Na fachada frontal, o PAF é de 52%.

A sala comercial ocupa parte do primeiro e segundo andar, possuindo uma área total de ocupação de 1069,29 m², onde 789,14 m² é do primeiro andar (Figura 6), onde localizam-se o salão principal para uso dos clientes, vestiários, salas de apoio, cozinha e depósito. A área do mezanino é de 280,15 m² (Figuras 7 e 8), onde encontra-se o escritório administrativo da academia e uma sala de ginástica.

Figura 6 - Salão Principal da Academia



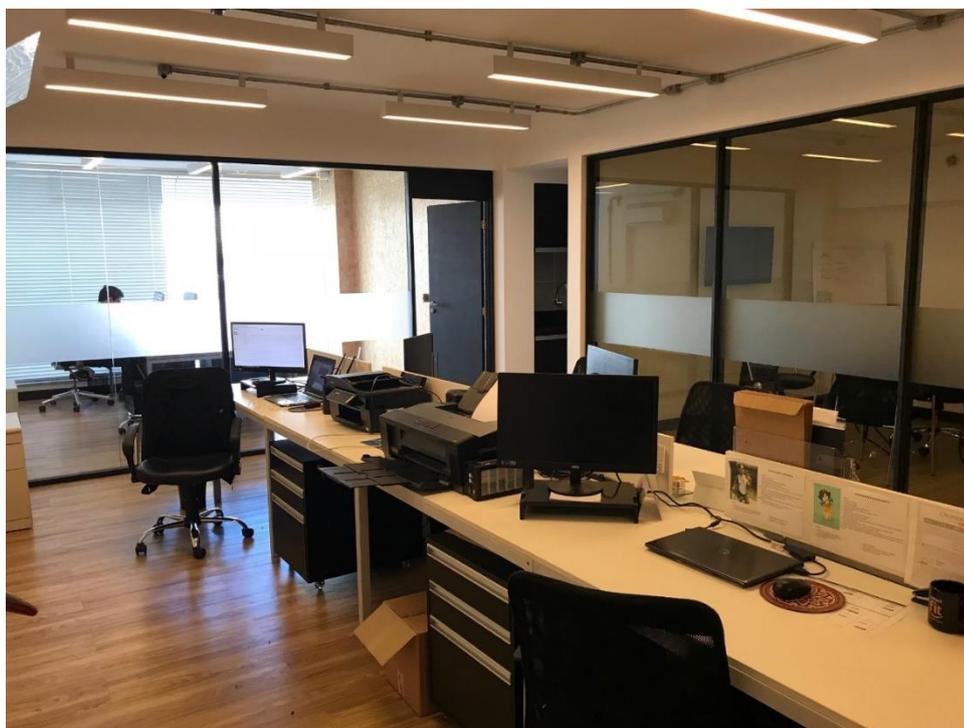
Fonte: Website Smart Fit

Figura 7 - Área do Mezanino



Fonte: Autor

Figura 8 - Escritório localizado no interior da academia



Fonte: Autor

Durante a semana, a academia funciona todos os dias das 6h30min às 23h00min, ou seja, 16h30min por dia, enquanto o escritório funciona das 8h00min até às 20h00min, um total de 12h00min de segunda à sexta. Nos finais de semana, apenas a área da academia é utilizada,

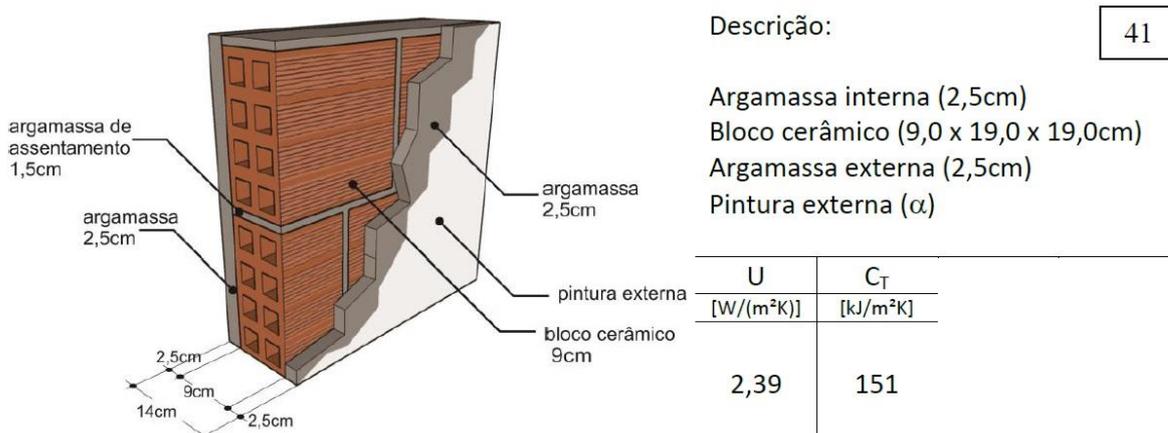
mas com horários reduzidos. Aos sábados, o horário de funcionamento é das 09h00min até às 18h00min e aos domingos das 09h00min até às 15h00min. No total por semana, a academia funciona 97 horas e 30 minutos e o escritório 60 horas, sendo em média 14 horas abertas por dia na área da academia. O horário de funcionamento dos dois ambientes foi utilizado para o cálculo do consumo referente à iluminação da academia em comparação ao que a tipologia utilizada usa como horas de ocupação.

A academia está situada acima de um subsolo destinado à garagem. Portanto, não possui contato com o solo em nenhum ponto de sua área. A sua cobertura é uma laje maciça de concreto de uso do condomínio como garagem e todas as paredes laterais são fechadas e, conseqüente, não há incidência de radiação solar na área do forro. A mesma possui pintura cinza, mas por não estar exposta seu valor de absorvância, transmitância e capacidade térmica não são utilizados para os cálculos de carga térmica total.

O salão possui duas alturas de pé direito. A maior parte, demonstrada na Figura 6, possui altura de 6,00 m. A área situada embaixo do mezanino possui pé direito de 2,80 m. Na parte superior da academia, o pé direito é também de 2,80 m, espaço onde localiza-se uma área de ginástica e o escritório administrativo.

Todo o fechamento lateral da academia, ou seja, suas paredes externas são de tijolo cerâmico de 6 furos com 9,0cm de largura com espessura de argamassa interna e externa de 2,5cm com acabamento em pintura branca. O valor de transmitância térmica e capacidade térmica foram obtidos através do Anexo V do RAC - Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (2015), conforme a Figura 9.

Figura 9 - Propriedades Térmicas da parede da edificação



Fonte: (PBE EDIFICA, 2015)

3.2 MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS

3.2.1 ENVOLTÓRIA DA EDIFICAÇÃO

A envoltória da sala comercial estudada neste trabalho foi analisada através de uma rede neural disponível de modo *online* em uma interface web (Figura 10) desenvolvida para facilitar o cálculo da carga térmica total anual das edificações em estudo. Conforme a tipologia da edificação, definida caso a caso, as divisões das zonas térmicas presentes na área estudada, o grupo climático, no qual a edificação encontra-se, dentre outros fatores, conforme a Figura 4 demonstra parcialmente, pode-se calcular a carga térmica anual total gerada de acordo com as disposições construtivas encontradas.

Figura 10 - Interface Web para calcular a carga térmica anual da envoltória

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Área <small>m²</small>	<input type="text"/>				
Contato com o solo?	<input type="text"/>				
Zona sobre pilotis?	<input type="text"/>				
Possui cobertura exposta?	<input type="text"/>				
Possui isolamento do piso	<input type="text"/>				
Tipo de zona?	<input type="text"/>				
Orientação solar	<input type="text"/>				
Densidade de Potencia de Equipamento	<input type="text"/>				
Densidade de Potencia de Iluminação	<input type="text"/>				
Fator Solar	<input type="text"/>				
Transmitância do vidro	<input type="text"/>				
Absortância de cobertura	<input type="text"/>				

Fonte: Autor

As zonas térmicas da academia foram divididas conforme as premissas expostas no Novo Método de Avaliação. Separou-se todas as áreas com uso distintos e com características construtivas distintas. As áreas como sala da gerência, cozinha, vestiários, subsolo, utilizado como estacionamento, e depósito não foram incluídas na análise de carga térmica por não serem

consideradas áreas de uso prolongado e, portanto, consideradas área de permanência transitória, não se enquadram no cálculo de carga térmica.

Os vidros utilizados para o fechamento da fachada da loja são incolores laminados de 8 mm. O chão não possui nenhum tipo de isolamento, sendo revestido apenas com piso vinílico de 3 mm de espessura. O forro é de concreto apenas pintado não havendo nenhum tipo de acabamento térmico, tanto no salão principal, como também na área do mezanino. Mas conforme explicado anteriormente, acima há um piso destinado à garagem do condomínio e o espaço é totalmente fechado impedindo a penetração de raios solares.

Partindo das referências construtivas encontradas, primeiro foi calculada a condição para o caso de referência, ou seja, para a classe D de eficiência energética, onde os parâmetros de cálculos são pré-definidos segundo o Novo Método de Avaliação de acordo com a tipologia para academia e para escritórios. Após este primeiro passo, o cálculo foi ajustado para o caso real, sendo todos os fatores de entrada calculados conforme a construção executada.

Encontrada a carga térmica anual da condição de referência ($C_{gT_{REF}}$) e real ($C_{gT_{REAL}}$), partiu-se para a análise da redução de carga térmica através de um coeficiente levando em conta o fator de forma da edificação estudada e o seu grupo climático. Com o coeficiente de redução de consumo e o $C_{gT_{REF}}$ foi possível obter o intervalo i entre as classes de eficiência energética para obtenção dos valores limites de cada nível.

Assim, tornou-se possível gerar uma comparação entre a carga térmica anual gerada por cada condição e, conseqüentemente, pode-se analisar qual é o nível de eficiência energética que se enquadra a envoltória do espaço estudado.

3.2.2 *CONDICIONADORES DE AR*

A análise dos condicionadores de ar será realizada através da média de eficiência energética entre as máquinas instaladas na edificação. Usando as tabelas para condicionadores de ar, disponíveis no *site* do INMETRO, como exemplificado pela Figura 11, encontrou-se os seus respectivos modelos e, conseqüentemente, seus CEEs. Após encontrado estes valores, foi realizado o cálculo para obter um CEE geral para a edificação através da média ponderada entre os tipos de condicionadores de ar encontrados em funcionamento.

A grande parte dos condicionadores de ar de grande porte da academia foram instalados no ano de 2014. Todas as máquinas possuem isolamento térmico nas suas tubulações de sucção e de expansão.

Figura 11 - Exemplo de tabela disponível para encontrar o CEE respectivo aos condicionadores de ar

FORNECEDOR	MARCA	MODELO		TIPO	TENSÃO V	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO NOMINAL			POTENCIA ELÉTRICA CONSUMIDA W	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA W/W	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (**) kWh/mês	REGISTRO INMETRO	DATA DE CONCESSÃO	DATA DE CANCELAMENTO
		UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA			Btu/h	W	kW (*)							
AB GOMES	UNIFRIO	UN60INT	UN66EXT	FRIO	220	58.000	16.994	16,99	5.755	2,95	C	120,9	0018672015	30/03/2015	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	CI48F	CE48F	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.990	2,82	C	104,8	0004222012	30/03/2012	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	CI48F	CE48F	FRIO	380	48.000	14.064	14,06	4.990	2,82	C	104,8	0004222012	30/03/2012	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	CF55	CF55	FRIO	220	55.000	16.115	16,12	5.734	2,81	D	120,4	0004222012	30/03/2012	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	CF55	CF55	FRIO	380	55.000	16.115	16,12	5.734	2,81	D	120,4	0004222012	30/03/2012	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	CI60F	CE60F	FRIO	220	58.000	16.994	16,99	6.030	2,82	C	126,6	0004222012	30/03/2012	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	CI60F	CE60F	FRIO	380	58.000	16.994	16,99	6.030	2,82	C	126,6	0004222012	30/03/2012	
ELECTROLUX	ELECTROLUX	CI38F	CE38F	FRIO	220	36.000	10.548	10,55	3.745	2,82	C	78,6	0004222012	30/03/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-48000-2	PHFE-48000-3	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.970	2,83	C	104,4	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-48000-2	PHFE-48000-4	FRIO	380	48.000	14.064	14,06	4.952	2,84	C	104,0	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHQI-48.000-2	PHQE-48.000-3	REVERSO	220	48.000	14.064	14,06	4.610	3,05	B	95,8	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHQI-48000-2	PHQE-48000-4	REVERSO	380	48.000	14.064	14,06	4.550	3,09	B	95,6	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-3	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.234	2,82	C	130,9	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-4	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	6.242	2,82	C	131,1	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFEV-60000-3	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.300	2,79	D	132,3	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFEV-60000-4	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	5.910	2,97	C	124,1	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHQI-60.000-2	PHQE-60.000-3	REVERSO	220	60.000	17.580	17,58	5.900	2,98	C	123,9	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHQI-60.000-2	PHQE-60.000-4	REVERSO	380	60.000	17.580	17,58	5.900	2,98	C	123,9	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-48000-2	PHFE-48000-3	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.970	2,83	C	104,4	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-48000-2	PHFE-48000-4	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.952	2,84	C	104,0	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-3	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.234	2,82	C	130,9	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-4	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.242	2,82	C	131,1	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PTQ60B2IA	PTQ60B4NA	REVERSO	380	60.000	17.580	17,58	5.636	3,12	B	118,4	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PTQ60B2IA	PTQ60B3NA	REVERSO	220	60.000	17.580	17,58	5.805	3,03	B	121,9	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PTQ48B2IA	PTQ48B4NA	REVERSO	380	48.000	14.064	14,06	4.497	3,13	B	94,4	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PTQ48B2IA	PTQ48B3NA	REVERSO	220	48.000	14.064	14,06	4.827	2,91	C	101,4	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PEF48B2NA	PEF48B3NA	FRIO	220	48.000	14.064	14,06	4.605	3,05	B	96,7	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PEF48B2NA	PEF48B4NA	FRIO	380	48.000	14.064	14,06	4.495	3,13	B	94,4	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PEF60B2NA	PEF60B3NA	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.000	2,93	C	126,0	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PEF60B2NA	PEF60B4NA	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	6.105	2,88	C	128,2	0019682012	4/9/2012	
ELGIN	ELGIN	PEF48B2NA	PEF48B4CA	FRIO	380	48.000	14.064	14,06	4.495	3,13	B	94,4	0019682012	4/9/2012	

Fonte: Autor

A academia conta atualmente com a seguinte relação de condicionadores de ar (Tabela 17):

Tabela 17 - Relação de Condicionadores de Ar

Tipo	Quantidade	CEE	Classificação
Split Piso-Teto Rheem 60.000 BTU/h	6	2,39	E
Split Piso-Teto Rheem 60.000 BTU/h	1	2,60	D
Split Piso-Teto Rheem 48.000 BTU/h	4	2,60	D
Split Piso-Teto Elgin 48.000 BTU/h	4	2,84	C
Split Highwall LG 24.000 BTU/h	1	3,01	B
Split Highwall LG 9.000 BTU/h	5	3,22	A

Fonte: Autor

Com o valor médio do Coeficiente de Eficiência Energética (CEE) foi possível obter a classificação energética do sistema de condicionamento de ar encontrado na edificação através da ponderação entre a quantidade de condicionadores de ar e seus respectivos CEE's, conforme

os valores medidos e disponibilizados pelo INMETRO. Após encontrado o nível de eficiência energética, o consumo do sistema foi calculado através da divisão da carga térmica anual proveniente da envoltória pelo valor do CEE.

3.2.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para a avaliação do sistema de iluminação foi utilizado o método das atividades do edifício, onde é possível analisar separadamente os ambientes do interior da edificação. Primeiramente, foi necessário a identificação de qual atividade está sendo desenvolvida em cada ambiente e, conforme tabelas disponíveis pelo Novo Método de Avaliação, encontrar as DPI's Limites para cada ambiente. Assim foi possível obter, através da multiplicação da área iluminada de cada ambiente pela densidade de potência total, com valores segundo a Tabela 7 - Limites máximos aceitáveis de densidade de potência de iluminação, conforme a atividade desenvolvida no ambiente, os valores de potência instalada total para a condição de referência (PI_{TREF}) e para a condição da classe A de eficiência (PI_{TA}). O mesmo procedimento repetiu-se para a obtenção da condição real (PI_T), onde para o cálculo foi seguido o projeto luminotécnico da academia.

De acordo com as características dos ambientes, houve a separação entre 6 áreas distintas da academia. A Tabela 18 demonstra quais ambientes foram identificados e suas respectivas áreas iluminadas para após calcular-se as potências limites totais de cada.

Tabela 18 - Separação dos Ambientes segundo as atividades desenvolvidas

SEPARAÇÃO DE AMBIENTES						
	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4	AMBIENTE 5	AMBIENTE 6
Tipologia	Área de Ginástica	Escritório	Circulação	Garagem	Vestiários	Cozinha
Área Iluminada (A_i) (m^2)	749,33	115,41	39,95	1032,00	141,60	7,70

Fonte: Autor

A academia em sua maior parte conta com lâmpadas fluorescentes T5, sendo as luminárias localizadas no salão com duas lâmpadas por luminária mais reator. As luminárias presentes nas demais salas e vestiários contam com apenas uma lâmpada e um reator. Para o restante da iluminação, conforme mostrado no projeto, há o uso de lâmpadas e fita de LED.

As instalações elétricas da academia e do escritório não contam com nenhum tipo de controle automático para o acionamento, como sensores de presença e/ou de luminosidade, apesar de haver uma grande área com fachada de vidro que permite a entrada de luz durante o

dia na fachada lateral. Todos os comandos para acionamento das luzes do salão ficam na sala da gerência da academia e são acesas na hora da abertura e desligadas na hora do encerramento das atividades do local.

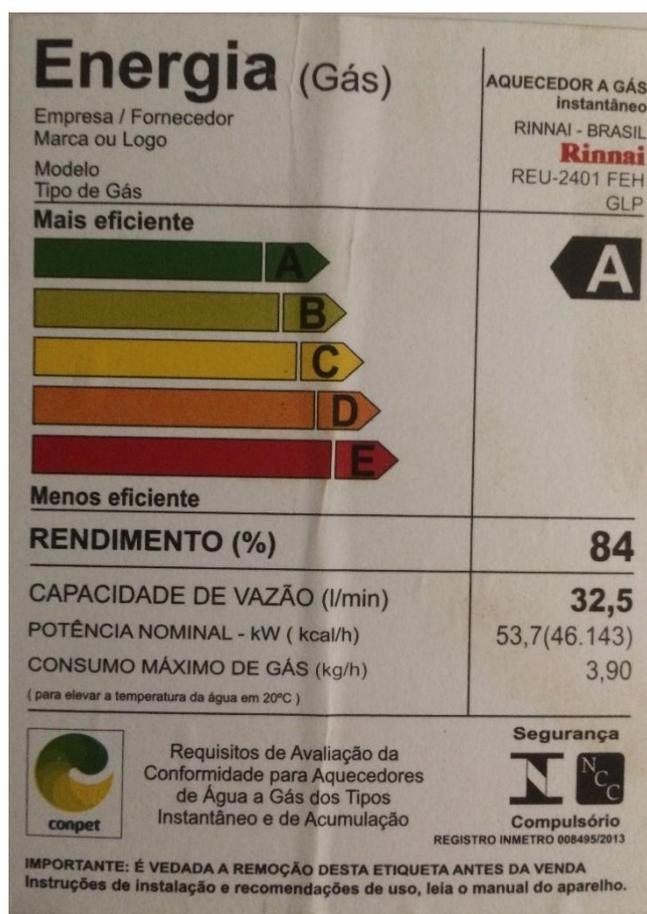
Após encontrada a potência total de iluminação real instalada na edificação por ambiente, conforme o quantitativo de luminárias de cada tipo presente na academia, foi realizado o cálculo do consumo de energia deste sistema. O mesmo é calculado conforme equação 5 demonstrada anteriormente neste trabalho.

Para a obtenção da classe de eficiência energética, foi necessário calcular o intervalo i entre as classes de eficiência, de acordo com a equação 14, para montar a escala para o sistema em questão. O nível de eficiência energética para a iluminação foi estabelecido entre o limite superior e inferior das classes de eficiência e assim o mesmo foi conhecido.

3.2.4 AQUECIMENTO DE ÁGUA

A academia conta com um sistema de água de passagem a gás, possuindo dois aquecedores conectados em paralelo da marca Rinnai, modelo REU-2401 FEH alimentado por GLP (Figura 12). A tubulação de água quente instala não possui nenhum tipo de isolamento térmico. Como também, o sistema de aquecimento de água não possui nenhum tipo de armazenamento de água quente, apenas contando com um sistema de recirculação de água para manter aquecida a rede e garantir o conforto de seus usuários.

Figura 12 - Modelo de aquecedor utilizado



Fonte: Autor

Para o cálculo da energia necessária para o aquecimento de água, foi usada a temperatura de água de uso de 46°C, conforme relatado pelos donos do empreendimento. Complementando o cálculo de energia necessária para o sistema, também se levou em conta a energia perdida devido à falta de isolamento térmico da tubulação, como também do montante de energia desperdiçada no sistema de recirculação, uma vez que o mesmo não conta com um dispositivo que regule a temperatura na qual ele deve ser acionado e nem *timer* que regule o horário de funcionamento do sistema.

Com os valores de energia consumidos pelo sistema, foi possível realizar o cálculo do consumo de energia térmica para o aquecimento de água. Depois passou-se para o cálculo de energia primária que o sistema exige através da conversão da energia térmica em primária. Por fim, houve a comparação entre o gasto de energia primária para o sistema de referência, classe D, e o real. Com isto, através da porcentagem de redução de gasto, pré-estabelecida pelo Novo Método de Avaliação, chegou-se à classe de eficiência do sistema de aquecimento de água.

3.2.5 EQUIPAMENTOS

Para o cálculo do consumo dos equipamentos foi realizado o levantamento de todos os dispositivos eletrônicos que se encontram no interior da academia, conforme Tabela 19. Após apurou-se por quanto tempo cada equipamento fica em funcionamento diariamente para o cálculo do consumo diário referente a este sistema. Para o número de horas e dias de utilização por ano, utilizou-se o real e não os valores pré-definidos pela tipologia para que fosse possível refletir melhor o consumo real dos equipamentos.

No caso das esteiras, a sua potência nominal de 3.000W foi reduzida para o cálculo da DPE e do consumo elétrico. Para que a esteira atinja esta potência total é necessário que uma pessoa de 100 kg utilize a esteira na sua capacidade máxima de velocidade de 20 km/h e inclinação para que chegue neste valor. Por este motivo, utilizou-se como potência para fins de cálculo de 1.500 W. Este valor aproximado foi obtido através de uma medição na montagem da academia e informado pela empresa como parâmetro correto de cálculo.

Tabela 19 - Relação de Equipamentos

Equipamento	Qtde	Potência (W)	Potência Total Instalada (W)	Horas de Utilização por dia
Computadores Desktop	5	300	1500	13,63
Notebooks	6	100	600	13,63
Impressora	2	500	1000	0,5
Televisores	16	150	2400	13,63
Amplificador de som	2	400	800	13,63
Secador de mãos	4	1100	4400	0,5
Geladeira	1	250	250	24
Microondas	1	2000	2000	0,25
Aspirador de pó	1	600	600	1
DVR	1	100	100	24
Esteiras	25	1500	37500	1
TOTAL POTÊNCIA (W)				51150
ÁREA TOTAL (m²)				1069
DPE (W/m²)				47,85

Fonte: Autor

Após a obtenção de todos os equipamentos, utilizou-se a Equação 13 para o cálculo do consumo energético anual multiplicando os dias de uso e as horas de utilização pela potência total instalada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para conseguir-se avaliar os resultados dos sistemas encontrados na academia em estudo, precisou-se primeiramente analisar os parâmetros de enquadramento no método simplificado. Caso algum dos pré-requisitos ultrapassasse tanto o limite inferior quanto superior propostos, a edificação não poderia ser classificada através deste método e seria necessário adotar o método de simulação.

Portanto, através da Tabela 20, pode-se verificar que a edificação está dentro dos limites impostos. Com isso, a envoltória e os sistemas citados anteriormente ao longo do trabalho puderam ser avaliados de acordo com as diretrizes do novo método simplificado para classificação da eficiência energética da edificação.

Tabela 20 - Valores encontrados para o Método Simplificado

Parâmetros	Limites		Condição Real	
	Valor mínimo	Valor máximo	Valor real	Situação
Absortância da cobertura (α)	0,2	0,8	-	
Absortância da parede (α)	0,2	0,8	0,50	OK
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°	0	OK
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°	0	OK
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°	0	OK
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)	0,22 kJ/m ² K	250 kJ/m ² K	-	
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m ² K	250 kJ/m ² K	151	OK
Contato com o solo	Sem contato (ex: sobre pilotis ou balanço)	Em contato	Sem contato	OK
Densidade de Potência de equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²	40	OK
Densidade de Potência de iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²	12,23	OK
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87	0,43	OK
Pé-direito (PD)	2,6m	6,6 m	2,8-6,0 m	OK
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%	0%-80%	OK
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5mm	Sim, Se isolamento > 5mm	Não	OK
Transmitância da cobertura (Ucob)	0,51 W/m ² K	5,07 W/m ² K	-	
Transmitância da parede (Upar)	0,50 W/m ² K	4,40 W/m ² K	2,46	OK
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²	5,70	OK

Fonte: Autor

Contudo, por ainda não existir uma tipologia própria para academias, a Densidade de Potência de Equipamentos foi adaptada. Esta medida foi tomada para que o seu limite não fosse extrapolado, uma vez que academias possuem equipamentos que possuem alta potência, como esteiras, e em um grande número e, portanto, utilizou-se o máximo possível pelo método simplificado para refletir melhor a carga térmica gerada por uma DPE maior, que no caso foi de 40 W/m². Outras simplificações foram necessárias também devido as limitações impostas pela tipologia não existente. A cozinha, por ser uma área de permanência transitória e muito pequena para uso exclusivo dos funcionários em seus intervalos, ultrapassaria os limites do

método simplificado para a DPE em seu interior devido aos equipamentos de alta potência em seu interior, neste caso uma geladeira e um micro-ondas. Por isso, estes equipamentos tiveram que ser distribuídos ao longo da área total da academia. A Tabela 21 a seguir demonstra a DPE geral encontrada na academia, dividindo-se todo o somatório de equipamentos, exceto esteiras, pela sua área total. Estes fatores referentes à DPE ainda não foram previstos pelo Novo Método de Avaliação e, portanto, precisou-se analisar este parâmetro deste modo.

Tabela 21 - DPE Geral

Equipamento	Qtde	Potência (W)	Pot. Total (W)
Computadores Desktop	5	300	1500
Notebooks	6	100	600
Impressora	2	500	1000
Televisores	16	150	2400
Amplificador de som	2	400	800
Secador de mãos	4	1100	4400
Geladeira	1	250	250
Microondas	1	2000	2000
Aspirador de pó	1	600	600
DVR	1	39	39
TOTAL POTÊNCIA (W)			13589
ÁREA TOTAL (m²)			1069,29
DPE (W/m²)			12,71

Fonte: Autor.

Outro ponto desconsiderado para a análise dos parâmetros da academia foi a sua cobertura, uma vez que a mesma não possui exposição ao sol e, conseqüentemente, foi arbitrado não haver absorção e transmissão de calor. Deste modo, considerou-se a cobertura como adiabática, ou seja, há uma variação de temperatura, mas sem troca de calor entre o interior e o exterior. Assim, seus valores forem zerados uma vez que pela rede neural seus valores são insignificantes, pois não há troca entre os ambientes.

Os demais quesitos, como DPI, transmitância e fator solar dos vidros e fatores construtivos foram analisados seguindo a realidade, conforme descritos no capítulo anterior, e não precisaram ser adaptados por causa da tipologia inexistente de academias.

4.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA

Após a constatação que o método simplificado poderia ser adotado, levando em conta as exceções para o caso da tipologia de academias ainda não explorada pelo novo método, foi realizada a avaliação da envoltória da edificação e obtida a carga térmica total anual para o caso de referência, seguindo as tipologias apresentadas pelo novo método de classificação, e para a condição real.

Para isto, separou-se a sala comercial em 10 zonas térmicas diferentes. Sendo 8 delas com a tipologia para edificações não descritas, sendo utilizada neste caso para o cálculo das áreas referentes à academia em si, e 2 zonas térmicas com a tipologia de escritórios. A divisão das zonas deu-se em áreas perimetrais e internas, diferença de orientação solar, diferença no percentual de abertura de fachada, diferença no pé-direito da loja e por usos distintos. Excluiu-se da análise todas as áreas de transição, como garagem, sala de apoio, vestiários, depósito, cozinha e lavanderia.

Após a devida separação, introduziu-se na rede neural, disponível no site do CB3E, conforme citado anteriormente, as características de cada zona obtendo-se ao final a carga térmica por m² e a carga térmica anual total de cada zona distinta como também o somatório total de todas as zonas térmicas. Assim, obteve-se a carga térmica total anual gerada pela área comercial devido às condições construtivas do seu entorno e as tipologias presentes em seu interior para a condição de referência e real. A Tabela 22 apresenta os valores encontrados através do cálculo da rede neural para a condição de referência ($C_{gT_{REF}}$) e a Tabela 23 para condição real ($C_{gT_{REAL}}$). Para melhor visualização, foram agrupados os valores encontrados nestas tabelas ao invés de criar imagens do *site* através de *print screens*.

Tabela 22 - Carga Térmica Total Anual - Caso Referência

	ZONA TÉRMICA 1	ZONA TÉRMICA 2	ZONA TÉRMICA 3	ZONA TÉRMICA 4	ZONA TÉRMICA 5	ZONA TÉRMICA 6	ZONA TÉRMICA 7	ZONA TÉRMICA 8	ZONA TÉRMICA 9	ZONA TÉRMICA 10
Localização	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Cobertura	Cobertura	Cobertura	Cobertura
Área (m ²)	117,03	92,98	19,16	67,71	183,30	109,6	77,52	82,03	88,03	27,11
Tipologia	Outro	Escritório	Escritório							
Contato com o solo	Não									
Zona sobre pilotis	Sim									
Cobertura exposta	Não									
Isolamento do piso	Não									
Tipo de Zona	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Interna	Perimetral	Interna	Interna	Perimetral
Orientação Solar	Norte	Oeste	Sul	Leste	-	-	Leste	-	-	Sul
DPE (W/m ²)	40	40	40	40	40	40	40	40	9,7	9,7
DPI (W/m ² *)	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48	12,48	19,04	19,04
Fator Solar	0,82	0,82	0,82	0,82	-	-	0,82	-	-	0,82
Transmitância do vidro (W/m ² .K)	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	5,7	-	-	5,7
Absortância da cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Absortância da parede	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	0,5	-	-	0,5
Pé-direito (m)	6,00	6,00	6,00	2,80	6,00	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
PAF (%)	60	60	60	60	-	-	0	-	-	60
Ângulo horizontal de sombreamento (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ângulo vertical de sombreamento (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ângulo de obstrução vizinha (°)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas de ocupação (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10
Transmitância da cobertura (W/m ² .K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmitância da parede (W/m ² .K)	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39
Capacidade Térmica da cobertura (kJ/m ² .K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capacidade Térmica da parede (kJ/m ² .K)	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151
Resfriamento (kWh/m ²)	347,32	270,43	257,31	242,31	174,42	179,65	242,31	179,65	81,29	120,54
Carga térmica total anual (kWh)	40646,86	25144,58	4930,06	16406,81	31971,19	19689,64	18783,87	14736,69	7155,96	3267,84
Carga térmica total anual Caso de Referência (kWh/ano)	182733,50									

Fonte: Autor

Tabela 23 - Carga Térmica Total Anual - Caso Real

	ZONA TÉRMICA 1	ZONA TÉRMICA 2	ZONA TÉRMICA 3	ZONA TÉRMICA 4	ZONA TÉRMICA 5	ZONA TÉRMICA 6	ZONA TÉRMICA 7	ZONA TÉRMICA 8	ZONA TÉRMICA 9	ZONA TÉRMICA 10
Localização	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Térreo	Cobertura	Cobertura	Cobertura	Cobertura
Área (m²)	117,03	92,98	19,16	67,71	183,30	109,6	77,52	82,03	88,03	27,11
Tipologia	Outro	Escritório	Escritório							
Contato com o solo	Não									
Zona sobre pilotis	Não									
Cobertura exposta	Não									
Isolamento do piso	Não									
Tipo de Zona	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Perimetral	Interna	Interna	Perimetral	Interna	Interna	Perimetral
Orientação Solar	Norte	Oeste	Sul	Leste	-	-	Leste	-	Sul	Sul
DPE (W/m²)	40	40	40	40	40	40	40	40	9,7	9,7
DPI (W/m²)	18,01	27,15	7,93	14,89	12,44	7,88	5,07	5,37	8,24	8,26
Fator Solar	0,43	0,43	0,43	0,43	-	-	0,43	-	-	0,43
Transmitância do vidro (W/m².K)	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	5,7	-	-	5,7
Absortância da cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Absortância da parede	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	0,5	-	-	0,5
Pé-direito (m)	6,00	6,00	6,00	2,80	6,00	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
PAF (%)	52	68	68	0	-	-	0	-	-	80
Ângulo horizontal de sombreamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ângulo vertical de sombreamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ângulo de obstrução vizinha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas de ocupação (horas)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Transmitância da cobertura (W/m².K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transmitância da parede (W/m².K)	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39
Capacidade Térmica da cobertura (kJ/m².K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capacidade Térmica da parede (kJ/m².K)	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151
Resfriamento (kWh/m²)	244,34	252,04	195,88	177,95	174,29	165,85	151,21	158,3	57,62	81,08
Carga térmica total anual (kWh)	28595,11	23434,68	3753,06	12048,99	31947,36	18177,16	11721,80	12985,35	5072,29	2198,08
Carga térmica total anual Caso Real (kWh/ano)	149933,88									

Fonte: Autor

4.1.1 DA ESCALA E CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA

De posse dos valores de cargas térmicas totais anuais para os dois casos, calculou-se o Fator de Forma da sala comercial, conforme Equação 12, dividindo a área da envoltória pelo seu respectivo volume. Necessitou-se a divisão em duas áreas distintas por diferença no pé-direito de cada uma. A área um compreende toda a planta do térreo da academia, possuindo o mesmo formato da planta de subsolo, onde encontra-se a garagem. A outra área pertence ao escritório localizado no interior da academia, possuindo um pé-direito menor. A Tabela 24 demonstra o cálculo deste parâmetro.

Tabela 24 - Fator de Forma Geral

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE FORMA - GERAL	
Área da Envoltória 1 (m ²)	916,59
Área da Envoltória 2 (m ²)	115,41
Pé-direito 1 (m)	8,80
Pé-direito 2 (m)	2,80
Volume Total (m³)	8389,14
Fator de Forma - FF	0,11

Fonte: Autor

O próximo passo foi encontrar o coeficiente de redução da Classe D para a Classe A de eficiência. Para tal, usou-se a Tabela 13 - Coeficiente de Redução da Classe D para Classe A, mostrada anteriormente, entrando com o Grupo Climático 1-B e o FF de 0,11 encontrado, conforme demonstrado na Tabela 25. Com o valor da CgT_{TREF} , foi calculado o Coeficiente i , de acordo com a Equação 13 e demonstrado pela Tabela 26.

Tabela 25 - Coeficiente de Redução

COEFICIENTE DE REDUÇÃO DA ENVOLTÓRIA	
Fator de Forma - FF	0,11
Grupo Climático	1-B
Coeficiente de redução	0,31

Fonte: Autor

Tabela 26 - Coeficiente i para Envoltória

CÁLCULO DO COEFICIENTE i - GERAL	
Carga Térmica Total - Referência	182733,50
Coeficiente de redução	0,31
Coeficiente i	18882,46

Fonte: Autor

Assim a escala pode ser produzida usando os intervalos i e a CgT_{TREF} , conforme Figura 13 a seguir. Após a definição dos limites superiores e inferiores de cada classe de eficiência energética, compara-se estes valores com o valor da CgT_{TREAL} .

Figura 13 - Escala de Eficiência Energética para a Envoltória

ESCALA DE EFICIÊNCIA - ENVOLTÓRIA GERAL					
Classe de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	> 126086,11	> 144968,57	> 163851,03	> 182733,50
Limite Inferior	< 126086,11	≤ 144968,57	≤ 163851,03	≤ 182733,50	-

Fonte: Autor

Como visto anteriormente nas tabelas geradas para o cálculo das cargas térmicas, a CgT_{TREAL} extrapolou o valor da CgT_{TREF} e, portanto, o seu nível de eficiência energética foi classificado como C, conforme Tabela 27.

Tabela 27 - Classe de Eficiência Energética da Envoltória

DETERMINAÇÃO DA CLASSE DE EFICIÊNCIA - ENVOLTÓRIA GERAL	
Carga Térmica Total - Real	149933,88
Classe de Eficiência	C

Fonte: Autor

4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS CONDICIONADORES DE AR

Conforme descrito anteriormente, em situações que os condicionadores de ar possuem classificação do INMETRO, o processo de avaliação da eficiência energética torna-se muito

mais simples, uma vez que o órgão disponibiliza tabelas com o nível de eficiência de cada máquina, ou até mesmo, se possível, apenas averiguando os selos PROCEL colados em cada uma, já é possível extrair o CEE e calcular a classe de eficiência do sistema.

4.2.1 DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO CONDICIONAMENTO DE AR

Sendo assim, foi realizado o levantamento dos equipamentos da academia, demonstrado através da Tabela 17 - Relação de Condicionadores de Ar, e obtido os CEE's de cada uma. Fazendo a média ponderada entre os CEE das máquinas e a quantidade instalada de cada uma, chegou-se a classificação de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar, de acordo com a Tabela 28. Os valores para as máquinas da marca Rheem de 60.000BTU/h foram estimados com os valores limites inferiores disponibilizados pela Tabela de Índice Antigos para Condicionadores de Ar do tipo Piso-Teto. Fez-se necessário esta medida, pois não havia ensaio destes modelos nas tabelas disponibilizadas.

Tabela 28 - Classificação Energética do Sist. de Condicionamento de Ar

DETERMINAÇÃO DA CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - SIST. DE CONDICIONAMENTO DE AR					
Tipo	UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA	Quantidade	CEE*	Classificação
Split Piso-Teto Rheem 60.000 BTU/h**	-	-	6	2,39	E
Split Piso-Teto Rheem 60.000 BTU/h**	-	-	1	2,60	D
Split Piso-Teto Rheem 48.000 BTU/h	RB1PT48AC2CV2E	RB1PT48AC2CV2C	4	2,62	D
Split Piso-Teto Elgin 48.000 BTU/h	PHFI-48000-2	PHFE-48000-4	4	2,84	C
Split Highwall LG 24.000 BTU/h	TSNC2425MA0	TSUC2425MA0	1	3,01	B
Split Highwall LG 9.000 BTU/h	TSNH092H4W0	TSUH092H4W0	5	3,24	A
Classe de Eficiência Energética				2,61	D
* Valores retirados das tabelas de classificação para condicionadores de ar disponíveis no site do INMETRO					
** Valores arbitrados conforme limites impostos pelo INMETRO, uma vez que os condicionadores de ar não possuíam seus dados nas Tabelas de Consumo disponibilizadas pelo órgão.					

Fonte: Autor

A Classe de Eficiência Energética final do sistema foi uma Classe D de consumo, nível muito baixo para uma tipologia deste tipo, uma vez que sua carga térmica interna é muito alta. Para o cálculo de consumo de energia elétrica deste sistema, utilizou-se a Equação 2. A Tabela 29 demonstra o cálculo deste parâmetro.

Tabela 29 - Consumo Elétrico do Sist. de Condicionamento de Ar

CONSUMO ELÉTRICO - SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	
Carga Térmica Total (kWh/ano)	149933,88
Coefficiente de Eficiência Energética	2,61
Consumo Elétrico (kWh/ano)	57445,93

Fonte: Autor

Deve-se levar em conta que a academia foi inaugurada há mais de quatro anos e também pelo fato de que o investimento é proveniente de um fundo de investimentos que fez aportes para a construção em 2013. Possivelmente por corte de custos em uma obra de grande valor econômico como esta, precisou-se fazer uma escolha por máquinas menos eficientes, mas que diminuíssem o capital inicial investido. O Autor propôs uma simulação simplificada da troca destas máquinas por outras de maior eficiência para se ter noção da economia energética e se valeria a pena a substituição em uma análise mais supérflua.

4.2.2 ANÁLISE DE TROCA DOS CONDICIONADORES DE AR

A empresa dona da academia analisada disponibilizou acesso as tabelas de consumo mensais de energia elétrica e também a leitura de medidores que se encontram em outra unidade localizada no município de Blumenau. Com isto, é possível comprovar que a Carga Térmica Total Anual encontrada, através do método simplificado, está um pouco longe do verdadeiro valor que uma tipologia como esta gera.

A Tabela 30 mostra o consumo elétrico mensal da Academia Smart Fit Coqueiros, que está sendo analisada, no ano de 2016. Junto a este dado de consumo, é possível comparar, com a medição individual no sistema de condicionamento de ar em Blumenau, qual a porcentagem referente ao consumo apenas deste sistema.

O consumo anual de energia elétrica para a academia de Coqueiros foi de 224.983kWh, valor aferido através das faturas da CELESC disponibilizadas pela empresa. Comparando este montante de eletricidade com a Tabela 31, que demonstra que por volta de 70% do consumo da academia de Blumenau refere-se ao sistema de condicionamento de ar, foi possível estimar qual seria a economia anual substituindo-se todas as máquinas Classe D por máquinas Classe A em Coqueiros. Apesar das diferenças construtivas das duas academias, esta porcentagem foi utilizada para simular a troca das máquinas, uma vez que os condicionadores de ar utilizados

na academia de Blumenau são Classe C de consumo e, portanto, consomem menos energia do que a da academia em estudo e a carga térmica interna é muito parecida.

Tabela 30 - Consumo mensal aferido da academia

UNIDADE - COQUEIROS			
2016			
	MENSAL (kWh)	VALOR	R\$/kWh
JAN	21180	R\$ 14.614,44	R\$ 0,69
FEV	23485	R\$ 15.514,98	R\$ 0,66
MAR	22064	R\$ 14.282,85	R\$ 0,65
ABR	23208	R\$ 14.898,73	R\$ 0,64
MAI	20422	R\$ 13.154,83	R\$ 0,64
JUN	14904	R\$ 10.265,63	R\$ 0,69
JUL	13171	R\$ 9.478,04	R\$ 0,72
AGO	13675	R\$ 9.672,54	R\$ 0,71
SET	15568	R\$ 10.983,07	R\$ 0,71
OUT	17131	R\$ 11.549,17	R\$ 0,67
NOV	18941	R\$ 12.664,44	R\$ 0,67
DEZ	21234	R\$ 14.275,12	R\$ 0,67
TOTAL	224983	R\$151.353,84	R\$ 0,68

Fonte: Autor

Tabela 31 - Histórico de Consumo do Sistema de Condicionamento de Ar

PORCENTAGEM DE CONSUMO DOS CONDICIONADORES DE AR			
	Medidor Geral (kWh)	Medidar AC (kWh)	Porcentagem
TOTAL	392336	R\$ 275.325,00	70,2%

Fonte: Autor

Multiplicando o consumo anual de todos os sistemas medidos na academia localizada no bairro Coqueiros pela porcentagem de consumo referente ao sistema de condicionamento de ar é possível obter uma estimativa do consumo elétrico apenas dos condicionadores da academia. De acordo com o CEE das máquinas instaladas atualmente e a estimativa de consumo com eletricidade foi estimada a carga térmica anual total gerada na edificação apenas manipulando a Equação 2. A Tabela 32 demonstra o valor da carga térmica encontrada.

Tabela 32 – Análise de Carga Térmica Total Anual de acordo com o consumo elétrico

CARGA TÉRMICA TOTAL ANUAL - ANÁLISE	
Consumo Elétrico Geral (kWh/ano)	224983,00
Porcentagem de consumo condicionadores	70%
Consumo elétrico dos condicionadores de ar anualmente (kWh/ano)	157488,10
Coefficiente de Eficiência Energética	2,61
Carga Térmica Total Anual (kWh/ano)	411043,94

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 32, chega-se a uma estimativa de carga térmica muito superior ao encontrado através do Método Simplificado, o que justifica o desenvolvimento de uma tipologia para academias de acordo com os fatores apontados pelo Autor, uma vez que o aumento deste valor é por volta de três vezes. Com este valor simulado de carga térmica total anual foi estimado o novo consumo elétrico para o sistema com a troca para máquinas de Classe A de Eficiência. O valor de CEE utilizado foi de 3,23 conforme os limites impostos pelo INMETRO. A Tabela 33 mostra o resultado desta simulação.

Tabela 33 – Análise de Consumo Elétrico para Classe A de eficiência

CONSUMO ELÉTRICO CLASSE A - ANÁLISE	
Carga Térmica Total Anual (kWh/ano)	411043,94
Coefficiente de Eficiência Energética	3,23
Consumo elétrico dos condicionadores de ar anualmente (kWh/ano)	127258,19

Fonte: Autor

Após simular o novo consumo com uma Classe A de Eficiência, como acima, estudou-se a economia de energia comparando a Classe D, situação real dos condicionadores de ar da academia, com a Classe A que demonstra uma situação fictícia para análise, conforme a Tabela 34. Uma economia de aproximadamente 20% anualmente pode ser atingida de acordo com a simulação.

Tabela 34 - Economia Anual de Energia Elétrica com Classe A de eficiência

ECONOMIA ANUAL DA CLASSE D PARA A	
Consumo de eletricidade dos condicionadores - Classe D (kWh/ano)	157488,10
Consumo de eletricidade dos condicionadores - Classe A (kWh/ano)	127258,19
Economia Anual de Energia (kWh/ano)	30229,91
Porcentagem de economia	19,2%
Tarifa de Energia Elétrica* (R\$/kWh)	R\$ 0,68
Economia Anual (R\$)	R\$ 20.556,34
* Valor baseado nas contas de luz disponibilizadas pela academia	

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 34, haveria uma economia anual de dinheiro de aproximadamente R\$20.556,34. Infelizmente, este valor é relativamente baixo para compensar a troca imediata das máquinas, uma vez que condicionadores de ar de alta capacidade de refrigeração, como os utilizados na academia, Classe A de eficiência, custam muito caro. Foi realizada uma pesquisa *online* pelo Autor em lojas que oferecem as opções de máquina com Classe A de eficiência elétrica para estimar o *payback* da substituição de todas as máquinas. O estudo é mostrado na Tabela 35. O mesmo foi realizado apenas para as máquinas que possuem potência de refrigeração entre 48.000BTU/h e 60.000BTU/h

Tabela 35 – Economia anual da substituição dos condicionadores de ar

ECONOMIA ANUAL DA SUBSTITUIÇÃO DE CONDICIONADORES DE AR				
INVESTIMENTO NECESSÁRIO				
Tipo	Split Piso-Teto 60.000 BTU/h*		Split Piso-Teto 48.000 BTU/h*	
Quantidade	7		8	
Preço 1 por unidade Fabricante: Carrier	R\$	7.305,91	R\$	6.385,41
Preço 2 por unidade Fabricante: Elgin	R\$	5.689,00	R\$	5.446,32
Preço 3 por unidade** Fabricante: Samsung	R\$	5.599,00	-	
Preço Médio	R\$	6.197,97	R\$	5.915,87
Preço Total	R\$	43.385,79	R\$	47.326,92
Economia Anual (R\$/ano)				
Custo para compra (R\$)		R\$	90.712,71	
Mão de Obra para Instalação (R\$/unidade)		R\$	1.890,00	
Investimento Total (R\$)		R\$	119.062,71	
Economia Anual (R\$/ano)		R\$	20.556,34	
* Todos os preços foram retirados da loja virtual da Walmart. Disponível em: < https://www.walmart.com.br/busca/?fq=C:144/7951/8293/&ft=ar%20condicionado%20pis o%20teto&PS=20&nm=100 >				
** A condicionadora de ar com capacidade de 48.000BTU/h não foi encontrada para venda em lojas virtuais.				

Fonte: Autor

Tendo a economia anual que a substituição das máquinas proporcionaria, fez-se o *payback* descontado para esta situação considerando uma Taxa Mínima de Atratividade para o investidor de 10% a.a., conforme demonstrado pela Tabela 36. Também foi desconsiderado o valor residual destes equipamentos devido ao grande número de anos de utilização que inviabiliza sua venda ao final do período de retorno.

Tabela 36 - Payback descontado

Payback Descontado - Taxa Mínima de Atratividade de 10% a.a.											
Período (anos)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investimento	-119.062,71										
Economia Anual		20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34
Valor Residual											0
Fluxo de Caixa	-119.062,71	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34	20.556,34
Payback	0,00	18.687,58	35.676,29	51.120,58	65.160,83	77.924,70	89.528,22	100.076,87	109.666,56	118.384,45	126.309,81

Fonte: Autor

Como pode-se avaliar de acordo com a Tabela 36, seriam necessários aproximadamente nove anos para cobrir o investimento nas máquinas, levando em conta a instalação de máquinas novas e remoção das antigas. Em conversa com os donos, os mesmos repassaram que uma troca gradual das máquinas mais antigas já está sendo realizada, mas que justamente esta demora de retorno atrapalha um pouco a aprovação do investimento junto aos acionistas do fundo.

O mais interessante desta análise é a observação da disparidade entre o valor da CgT apresentada pelo Método Simplificado e o valor simulado de acordo com as contas de energia elétrica. Por este motivo, é preciso salientar a necessidade um estudo mais a fundo do método para uso em tipologias deste tipo, uma vez que os valores são incompatíveis com a realidade, e a adequação da metodologia de cálculo da rede neural para estes casos.

4.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O procedimento para o cálculo da eficiência energética do sistema de iluminação baseou-se no método das atividades do edifício, conforme exposto no item 3.2.3. Três cenários foram analisados, calculando-se as potências limites totais em cada um, para em seguida ser possível montar a escala para classificar o sistema. Os três cenários foram os seguintes:

- 1º. Condição de Referência – Classe D: utilizou-se os valores de DPI_{LD} , conforme a Tabela 7 - Limites máximos aceitáveis de densidade de potência de iluminação,

conforme a atividade desenvolvida no ambiente, e as áreas iluminadas de cada atividade. O resultado da Potência Limite (PI_{TREF}) para este caso é representada na Tabela 37;

- 2°. Condição de Referência – Classe A: novamente encontrando os valores limites na time, mas agora para a DPI_{LA} . Conforme a Tabela 38, obteve-se o resultado da Potência Limite (PI_{TA}) para a condição referente à Classe A;
- 3°. Condição Real: neste caso foi analisado o projeto de iluminação da academia e contado quais dispositivos luminosos estavam presentes em cada ambiente. Assim, primeiramente, foram calculadas as DPI's reais para cada ambiente, conforme Tabela 39. Após repetiu-se o procedimento igual aos outros casos, onde multiplicou-se a DPI de cada ambiente pela sua área chegando ao resultado da Potência Instalada Total de cada área estudada. A Tabela 40 demonstra estas potências totais de cada uma e a potência total para a condição real.

Tabela 37 - Potência Limite Total - Classe D

Potência Limite Total - Classe D						
	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4	AMBIENTE 5	AMBIENTE 6
Tipologia	Área de Ginástica	Escritório	Circulação	Garagem	Vestiários	Cozinha
DPI_{LD} (W/m ²)	12,48	19,04	11,36	3,20	12,96	17,12
Área Iluminada (A_i) (m ²)	749,33	115,41	39,95	1032,00	141,60	7,70
Potência Limite da Atividade (P_L) (W)	9351,64	2197,41	453,83	3302,40	1835,14	131,82
Potência Limite Total - Classe D (W)			17272,24			

Fonte: Autor

Tabela 38 - Potência Limite Total - Classe A

Potência Limite Total - Classe A						
	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4	AMBIENTE 5	AMBIENTE 6
Tipologia	Área de Ginástica	Escritório	Circulação	Garagem	Vestiários	Cozinha
DPI_{LA} (W/m ²)	8,85	10,00	7,10	1,50	5,15	11,40
Área Iluminada (A_i) (m ²)	749,33	115,41	39,95	1032,00	141,60	7,70
Potência Limite da Atividade (P_L) (W)	6631,57	1154,10	283,65	1548,00	729,24	87,78
Potência Limite Total - Classe A (W)			10434,34			

Fonte: Autor

Tabela 39 - Cálculo da DPI Real de cada ambiente

DPI's dos Ambientes				
DPI - AMBIENTE 1 - ÁREA DE GINÁSTICA				
	Qtde Luminárias	Qtde Lâmpadas	Potência (W)	Pot. Total (W)
Luminária com 2 Lâmpadas T5 28W 830	90	180	28	5040
Luminária com 1 Lâmpada LED PAR30 75W	0	0	75	0
Luminária com Lâmpada Azul LED T8 40W	25	25	40	1000
Luminária com 1 Lâmpada T5 28W	22	22	28	616
Fita de Led 3000K 14,4W/m	65	-	14,4	936
Reator OSRAM 2x14-35 *	90	-	0	0
Reator OSRAM 1x14-35 *	22	-	0	0
TOTAL POTÊNCIA (W)				7592
ÁREA TOTAL (m²)				749,33
DPI (W/m²)				10,13
DPI - AMBIENTE 2 - ESCRITÓRIO				
	Qtde Luminárias	Qtde Lâmpadas	Potência (W)	Pot. Total (W)
Luminária com 2 Lâmpadas T5 28W 830	17	34	28	952
Luminária com 1 Lâmpada LED PAR30 75W	0	0	75	0
Luminária com Lâmpada Azul LED T8 40W	0	0	40	0
Luminária com 1 Lâmpada T5 28W	8	8	28	224
Fita de Led 3000K 14,4W/m	0	-	14,4	0
Reator OSRAM 2x14-35 *	17	-	0	0
Reator OSRAM 1x14-35 *	8	-	0	0
TOTAL POTÊNCIA (W)				1176
ÁREA TOTAL (m²)				120,41
DPI (W/m²)				9,77

DPI - AMBIENTE 3 - CIRCULAÇÃO				
	Qtde Luminárias	Qtde Lâmpadas	Potência (W)	Pot. Total (W)
Luminária com 2 Lâmpadas T5 28W 830	3	6	28	168
Luminária com 1 Lâmpada LED PAR30 75W	3	3	75	225
Luminária com Lâmpada Azul LED T8 40W	0	0	40	0
Luminária com 1 Lâmpada T5 28W	0	0	28	0
Fita de Led 3000K 14,4W/m	0	-	14,4	0
Reator OSRAM 2x14-35 *	3	-	0	0
Reator OSRAM 1x14-35 *	0	-	0	0
TOTAL POTÊNCIA (W)				393
ÁREA TOTAL (m²)				39,95
DPI (W/m²)				9,84
DPI - AMBIENTE 4 - GARAGEM				
	Qtde Luminárias	Qtde Lâmpadas	Potência (W)	Pot. Total (W)
Luminária com 2 Lâmpadas T5 28W 830	0	0	28	0
Luminária com 1 Lâmpada LED PAR30 75W	0	0	75	0
Luminária com Lâmpada Azul LED T8 40W	0	0	40	0
Luminária com 1 Lâmpada T5 28W	30	30	28	840
Fita de Led 3000K 14,4W/m	0	-	14,4	0
Reator OSRAM 2x14-35 *	0	-	0	0
Reator OSRAM 1x14-35 *	30	-	0	0
TOTAL POTÊNCIA (W)				840
ÁREA TOTAL (m²)				1032
DPI (W/m²)				0,81
DPI - AMBIENTE 5 - VESTIÁRIOS				
	Qtde Luminárias	Qtde Lâmpadas	Potência (W)	Pot. Total (W)
Luminária com 2 Lâmpadas T5 28W 830	0	0	28	0
Luminária com 1 Lâmpada LED PAR30 75W	6	6	75	450
Luminária com Lâmpada Azul LED T8 40W	0	0	40	0
Luminária com 1 Lâmpada T5 28W	56	56	28	1568
Fita de Led 3000K 14,4W/m	0	-	14,4	0
Reator OSRAM 2x14-35 *	0	-	0	0
Reator OSRAM 1x14-35 *	56	-	0	0
TOTAL POTÊNCIA (W)				2018
ÁREA TOTAL (m²)				141,6
DPI (W/m²)				14,25
DPI - AMBIENTE 6 - COZINHA				
	Qtde Luminárias	Qtde Lâmpadas	Potência (W)	Pot. Total (W)
Luminária com 2 Lâmpadas T5 28W 830	0	0	28	0
Luminária com 1 Lâmpada LED PAR30 75W	0	0	75	0
Luminária com Lâmpada Azul LED T8 40W	0	0	40	0
Luminária com 1 Lâmpada T5 28W	3	3	28	84
Fita de Led 3000K 14,4W/m	0	-	14,4	0
Reator OSRAM 2x14-35 *	0	-	0	0
Reator OSRAM 1x14-35 *	3	-	0	0
TOTAL POTÊNCIA (W)				84
ÁREA TOTAL (m²)				7,7
DPI (W/m²)				10,91
<i>* As potências dos reatores foram desconsideradas por serem insignificantes para o cálculo</i>				

Fonte: Autor

Tabela 40 - Potência Limite Total – Real

Potência Instalada Total - Real						
	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4	AMBIENTE 5	AMBIENTE 6
Tipologia	Área de Ginástica	Escritório	Circulação	Garagem	Vestiários	Cozinha
DPI _{LD} (W/m ²)	10,13	9,77	9,84	0,81	14,25	10,91
Área Iluminada (A _i) (m ²)	749,33	120,41	39,95	1032,00	141,60	7,70
Potência Limite da Atividade (P_L) (W)	7590,71	1176,41	393,11	835,92	2017,80	84,01
Potência Instalada Total - Real (W)			12097,95			

Fonte: Autor

Dando prosseguimento a análise do sistema de iluminação, um dado de interesse é o consumo elétrico deste sistema anualmente segundo a metodologia de cálculo do método simplificado que supera o gasto com energia pelos condicionadores de ar. Portanto, utilizando a quantidade de dias e horas de uso da edificação, de acordo com a tipologia utilizada neste estudo, multiplicando pela potência instalada encontrada foi possível chegar ao valor de consumo elétrico por ano do espaço comercial, conforme a Tabela 41 mostra.

Tabela 41 - Consumo Elétrico do Sistema de Iluminação

CONSUMO ELÉTRICO - SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	
Potência Instalada Total (kW)	12,10
Horas de uso da edificação*	12
Número de dias de utilização no ano	300
Consumo Elétrico (kWh/ano)	43552,63
<i>* A academia funciona todos os dias do ano. Em feriados há horários reduzidos com o horário de funcionamento igual ao de domingo</i>	

Fonte: Autor

De acordo com o método simplificado, a academia possui um gasto total de 43552,63 kWh por ano com energia elétrica. Infelizmente, para este sistema nenhuma academia pertencente ao grupo possui medidor individual para comparar o real consumo com o obtido através da metodologia.

4.3.1 DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA DA ILUMINAÇÃO

Similarmente ao método para confecção da escala da envoltória, o mesmo procedimento para o sistema de iluminação é parecido. De acordo com a Equação 14 encontrada no item 2.2.1.3, calculou-se o coeficiente *i* que determina os valores limites inferiores e superiores entre

as Classes de Eficiência Energética, conforme a Tabela 15 - Limite de intervalos para cada classe de eficiência energética para o sistema de iluminação artificial demonstrou. O valor do coeficiente i foi encontrado dividindo-se em três intervalos iguais a diferença entre as Potências Limites Totais para a Classe D e a Classe A.

Tabela 42 - Coeficiente i para Iluminação

CÁLCULO DO COEFICIENTE i	
Potência Total Instalada - Classe D	17272,24
Potência Total Instalada - Classe A	10434,34
Coeficiente i	2279,30

Fonte: Autor

Como dito, após encontrado o valor do intervalo para montagem da escala, a mesma é facilmente calculada e seus limites são encontrados. A Tabela 43, a seguir, mostra os valores que determinam as Classes de Eficiência.

Tabela 43 - Escala do Sistema de Iluminação

ESCALA DE EFICIÊNCIA - SISTEMA DE ILUMINAÇÃO					
Classe de Eficiência	A	B	C	D	E
Limite Superior	-	> 10434,34	> 12713,64	> 14992,94	> 17272,24
Limite Inferior	< 10434,34	≤ 12713,64	≤ 14992,94	≤ 17272,24	-

Fonte: Autor

Comparando o valor de Potência Instalada Total com os limites de cada classe foi obtido o nível de eficiência do sistema de iluminação, conforme Tabela 44. Para este sistema, a Classe de Eficiência Energética foi a Classe B de consumo. Um resultado bom quando comparado aos outros sistemas constituintes do empreendimento.

Tabela 44 - Classificação Energética do Sistema de Iluminação

DETERMINAÇÃO DA CLASSE DE EFICIÊNCIA - SIST. DE ILUMINAÇÃO	
Potência Total Instalada - Real	12097,95
Classe de Eficiência	B

Fonte: Autor

Infelizmente, mesmo a melhora por lâmpadas mais eficientes para diminuir a Potência Instalada na academia, não seria possível atingir uma Classe A de eficiência devido ao fato da falta de controladores autônomos para acionamento e desligamento automático do sistema. Por haver uma grande fachada de vidro que absorve uma quantidade significativa de iluminação natural, a instalação de um sensor fotoelétrico ou mesmo um comando individual para a região que recebe esta incidência de luz solar ajudaria a reduzir os custos com eletricidade ao longo do ano.

4.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA

Para iniciar a análise do sistema de aquecimento de água da academia em estudo foi preciso analisar o volume de água diário gasto. Para este cálculo, levou-se em conta o valor exposto na Tabela 10 para cada ponto de banho existente. Com isto o valor de consumo de água quente e a energia necessária para aquecer este montante, calculada através da Equação 9, foram encontrados. A temperatura média da cidade de Florianópolis foi extraída diretamente de uma tabela disponibilizada pelo *site* do CB3E, diminuindo-a em dois graus Celsius conforme indicado pelo Novo Método de Avaliação. A Tabela 45 demonstra os cálculos e o montante de energia requerida para o aquecimento da água até a temperatura de uso da academia.

Tabela 45 - Volume e Energia para aquecimento de água

VOLUME DE ÁGUA QUENTE DIÁRIO	
Volume diário por pessoa (L/ponto de banho)	100
Ponto de banho	10
Volume total diário (L)	1000
ENERGIA NECESSÁRIA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA	
Volume por dia (m ³ /dia)	1
Temperatura de Uso (°C)	46
Temperatura da água fria (°C)*	18,9
Energia necessária (kWh/dia)	31,49
* Valor obtido através da média anual de temperatura para Florianópolis menos 2 graus Celsius.	

Fonte: Autor

O procedimento seguinte foi encontrar as perdas térmicas existentes nas tubulações de alimentação dos ramais de água quente e na tubulação de recirculação da academia. Para tal, foi preciso estimar os comprimentos destas tubulações medindo a distância dos chuveiros até

os aquecedores através do projeto arquitetônico da academia, uma vez que a posição dos aquecedores foi modificada durante a execução, mas os diâmetros dos canos foram mantidos conforme projeto. As perdas por metro de tubulação foram estimadas pela Tabela 8 - Fatores de perda por metro de tubulação. Todos os ramais de água quente executadas não possuem nenhum tipo de isolamento, o que aumenta o montante de energia necessário para suprir esta dissipação de calor ao longo da extensão dos canos. A Tabela 46 demonstra a perda de carga para o caso de referência, onde arbitra-se que a tubulação tenha isolamento térmico de 5 mm, e para o caso real. Ao final há a soma total de perdas para os dois casos.

Tabela 46 - Perdas Térmicas na Tubulação

PERDAS TÉRMICAS NA DISTRIBUIÇÃO		
	REAL	REFERÊNCIA
Fator de Horas de Perda na Tubulação (h/dia)	2,08	2,08
Fator de perda em função do comprimento (kWh/dia/m) - Real	0,2191	0,0169
Comprimento da Tubulação (m)	29	29
Perda térmica na distribuição (kWh/dia)	13,24	1,02
PERDAS TÉRMICAS NA RECIRCULAÇÃO		
	REAL	REFERÊNCIA
Fator de Horas de Perda na Tubulação (h/dia)	24,00	24,00
Fator de perda em função do comprimento (kWh/dia/m) - Real	0,959	0,959
Comprimento da Tubulação (m)	8,5	8,5
Perda térmica na recirculação (kWh/dia)	195,64	195,64
Perda térmica total (kWh/dia)	208,87	196,66

Fonte: Autor

Com a energia demandada para aquecimento do volume de água e as perdas que necessitam ser compensadas pelos aquecedores, foi efetuado o cálculo do consumo anual de energia térmica que o sistema de aquecimento requer. Para isto, continuou o padrão de cálculo de uma condição de referência com aquecedores que possuem rendimento de 65%, conforme arbitrado pelo Novo Método de Avaliação, e a condição real com rendimento de 85%. Este rendimento real foi obtido através da contribuição proporcional de cada aquecedor. Por serem os dois aquecedores iguais e ligados em paralelo, o rendimento é o informado através da etiqueta de eficiência contida no aparelho, conforme demonstrado pela Figura 12 - Modelo de aquecedor utilizado. O resultado do consumo de energia térmica anual é exibido pela Tabela 47.

Tabela 47 - Consumo anual de energia térmica

CONSUMO ANUAL DE ENERGIA TÉRMICA		
	REAL	REFERÊNCIA
Número de dias de ocupação	300,00	300,00
Energia para atender demanda (kWh/dia)	31,49	31,49
Energia proveniente de sistemas que recuperam calor (kWh/dia)	0,00	0,00
Energia consumida em perdas na distribuição (kWh/dia) - Real	13,24	1,02
Energia consumida em perdas na recirculação (kWh/dia) - Real	195,64	195,64
Energia consumida em perdas de armazenamento (kWh/dia)	0,00	0,00
Rendimento do aquecedor	85,0%	65%
Energia total demandada (kWh/dia)	240,36	351,00
Consumo Anual de Energia Térmica (kWh/ano)	84833,43	107443,88

Fonte: Autor

A partir do consumo para cada condição, a eficiência do sistema passa a ser calculada através da conversão da energia térmica em energia primária através de um fator de conversão, conforme mostrado na Tabela 12 – Fatores de Conversão para energia primária. A Tabela 48, a seguir, mostra quanto de energia primária é utilizada pelo sistema para aquecer durante o ano a água. Também é demonstrado o total de GLP utilizado por ano pela academia para o caso real e de referência.

Tabela 48 - Consumo de energia primária pelo sistema de aquecimento

CONSUMO ANUAL DE ENERGIA PRIMÁRIA		
	REAL	REFERÊNCIA
Consumo de energia térmica anual (kWh/ano) - Real	84833,43	107443,88
Fator de conversão de energia térmica para energia primária	1,10	1,10
Consumo de energia primária anual (kWh/ano)	93316,77	118188,27
Consumo de energia primária mensal (kWh/mês)	7776,40	9849,02
Quantidade de GLP consumido (kg/ano)	7228,3	9154,8

Fonte: Autor

Da análise da Tabela 48, percebe-se que o caso de referência, devido à queda de 20% de rendimento dos aquecedores, consome anualmente por volta de 2.000kg a mais de GLP do que o caso real. Apesar da falta de isolamento térmico da tubulação, pode-se concluir que o rendimento do equipamento é de suma importância para uma economia significativa de gás.

4.4.1 DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA

Neste sistema, diferentemente dos demais, a escala para classificação do aquecimento de água é disponibilizada pronta pelo Novo Método de Avaliação. Nesta escala já consta as porcentagens de economia da condição real para a condição de referência que delimitam as classes de eficiência, conforme mostrado pela Tabela 16 – Escala para obtenção da classe energética de sistema de aquecimento de água sem acumulação.

Com isto, bastou-se calcular a porcentagem de economia entre as condições e aferir qual é a classe de eficiência do aquecimento de água, conforme a Tabela 49.

Tabela 49 - Classificação de Eficiência Energética do Sistema de Aquecimento de Água

ECONOMIA DE ENERGIA PRIMÁRIA	
Consumo de energia térmica anual (kWh/ano) - Real	93316,77
Consumo de energia térmica anual (kWh/ano) - Referência	118188,27
Economia (%)	21,04%
Classe de Eficiência Energética	A

Fonte: Autor

Com a porcentagem de economia de 21,04%, o sistema poderia ser classificado como Classe A de eficiência. Contudo, um dos requisitos mínimos para obtenção de tal nível de eficiência é a necessidade de que a tubulação tenha isolamento térmico de ao menos 13 mm de espessura. Infelizmente, apenas o sistema de automação do sistema de recirculação não é o bastante para assegurar esta classe. Por este motivo, a verdadeira classe de eficiência do sistema de aquecimento é B, ao invés de A.

4.5 CONSUMO DE EQUIPAMENTOS

De acordo com a relação de equipamentos demonstrada através da Tabela 19 - Relação de Equipamentos, obteve-se o consumo elétrico proveniente. A Tabela 50 exhibe o total consumido anualmente levando em conta o consumo diário calculado e os números de dias de uso da edificação reais e não da tipologia, conforme mencionado anteriormente.

Tabela 50 - Consumo de Equipamentos

Equipamento	Qtde	Potência (W)	Potência Total Instalada (W)	Horas de Utilização por dia
Computadores Desktop	5	300	1500	13,92
Notebooks	6	100	600	13,92
Impressora	2	500	1000	0,5
Televisores	16	150	2400	13,92
Amplificador de som	2	400	800	13,92
Secador de mãos	4	1100	4400	1
Geladeira	1	250	250	24
Microondas	1	2000	2000	0,25
Aspirador de pó	1	600	600	1
DVR	1	100	100	24
Esteiras	25	1500	37500	1
Consumo Elétrico Diário (kWh.dia)				125,7
Dias de Utilização por ano				365
Consumo Elétrico Anual (kWh.ano)				45871,74

Fonte: Autor

Vale salientar que este tópico não faz parte do processo de avaliação da eficiência energética da edificação, segundo o Novo Método de Avaliação. Contudo, seu cálculo é importante para encontrar o montante de energia primária consumida por ano pelos equipamentos encontrados na edificação.

4.6 CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA DE TODOS OS SISTEMAS

Reunindo todos os sistemas presentes na academia, pode-se estimar quanto anualmente é gasto de energia primária pelo empreendimento. Conforme os fatores de conversão de energia térmica e elétrica, Tabela 12 – Fatores de Conversão para energia primária, foi possível calcular este consumo. O resultado é demonstrado pela Tabela 51.

Tabela 51 - Consumo de energia primária dos sistemas

Consumo de Energia Primária Anual			
	Classe de Eficiência	Consumo de Energia Elétrica/Térmica (kWh/ano)	Consumo de Energia Primária Anual (kWh/ano)
Condicionamento de Ar	D	157488,10	251980,96
Iluminação	B	43552,63	69684,21
Aquecimento de Água	B	84833,43	93316,77
Equipamentos	-	45871,74	73394,78
TOTAL		331745,90	488376,73

Fonte: Autor

Assim, a academia, analisando a condição real, consome anualmente aproximadamente 488.000 kWh de energia primária, ou seja, a energia bruta disponível na natureza antes de ser transformada em energia térmica ou elétrica.

4.7 LIMITAÇÕES DO MÉTODO SIMPLIFICADO PARA A TIPOLOGIA DE ACADEMIA

Devido ao fato de o Novo Método de Avaliação não possuir uma tipologia própria para academias, alguns pontos devem ser considerados para melhorar a avaliação dos sistemas e, portanto, aumentar a confiança nos resultados obtidos para cada um deles.

4.7.1 DA LIMITAÇÃO PARA A ENVOLTÓRIA

O Método Simplificado de Avaliação da Envoltória apresenta algumas limitações devido ao fato de não existir uma tipologia única para academias, que possuem peculiaridades como uma maior DPE, horário de funcionamento maior do que a tipologia de edificações não descritas, temperatura de uso dos condicionadores de ar menor do que o padrão e uma carga interna maior, gerada pela ocupação de pessoas no interior da edificação, do que o valor que a rede neural utiliza.

Levando em conta uma DPE maior haveria maior dissipação de calor dos equipamentos, o que aumentaria a carga térmica interna, requerendo um maior resfriamento para manter uma temperatura adequada para os usuários. É necessário que seja levado em conta a elevada potência de esteiras que as academias utilizam. No caso da Academia Smart Fit, cada esteira

possui uma potência nominal de 3.000 W. Contudo, esta potência só é atingida em casos raros e por pouquíssimo tempo e por tal motivo a potência foi reduzida para 1.500 W, como exposto anteriormente.

O horário de funcionamento de academias também não se enquadra bem na tipologia proposta pelo novo método, pois academias, geralmente, funcionam por mais de 12h por dia. Para a academia em estudo, seu horário de funcionamento é de 16,5 horas diariamente durante a semana. Este fato também ajuda a aumentar a carga térmica interna, uma vez que mais pessoas utilizam o local ao longo do dia e por mais tempo os equipamentos são utilizados.

O calor gerado pelos usuários de uma academia também é maior do que o calor gerado por usuários de outros estabelecimentos, uma vez que pessoas em academias estão se exercitando e liberando mais calor para manter a temperatura corporal. O Novo Método de Avaliação utiliza uma carga por pessoa de 120W, sendo este valor informado pelos desenvolvedores da rede neural, utilizada para cálculo. Contudo, o cálculo de carga térmica interna gerada por usuários gira em torno de 525W para pessoas praticando exercícios cardiorrespiratórios e musculação, conforme relatado através de planilhas de cálculo demonstrada pelo departamento de engenharia da academia. Esta diferença é significativa e impacta diretamente no valor total de carga térmica.

Outro fator que influencia no consumo de energia é o ajuste de temperatura utilizado para o conforto térmico no ambiente. Enquanto a rede neural utiliza como padrão 24°C, a academia geralmente trabalha com uma temperatura menor. Em comparação, para a Smart Fit o padrão é de 21°C. Tal motivo leva os condicionadores de ar a funcionarem por mais tempo diariamente, uma vez que será mais difícil atingir esta temperatura principalmente em épocas quentes no ano.

Levando em conta o exposto acima, foi realizada uma análise da carga térmica adicional que a diferença de DPE real e a da carga térmica humana gerariam a mais anualmente para a edificação em estudo. Para a DPE, utilizou-se o valor de 47,85 W/m², enquanto a tipologia utiliza como padrão 40 W/m², e o horário de 13,63h por dia e 365 dias por ano de utilização da sala comercial e não o que a tipologia propõe para estes dois parâmetros. Verificou-se um valor adicional expressivo de 100.000 kWh aproximadamente por ano apenas com o aumento da DPE para o seu valor aproximado com o real, conforme a Tabela 52. Apesar de um aumento de 7,85 W/m² apenas na DPE, o maior fator de influencia fica para os dias e horas de utilização que crescem muito quando alterado para o real e não para o que a tipologia estipula.

Tabela 52 - Carga térmica adicional – DPE

Diferença entre carga térmica anual para DPE adicional e da tipologia			
Carga Térmica DPE Adicional		Carga Térmica DPE Tipologia	
DPE (W/m ²)	47,85	DPE (W/m ²)	40
Área (m ²)	1069	Área (m ²)	1069
Horas por dia de utilização	13,63	Horas por dia de utilização	12
Número de dias por ano de utilização	365	Número de dias por ano de utilização	300
Calor dissipado (kWh.ano)	254476,901	Calor dissipado (kWh.ano)	153936,00
Diferença de calor dissipado anualmente (kWh.ano)		100540,9	165%

Fonte: Autor

Após a análise do adicional referente ao calor dissipado a mais pelos equipamentos, calculou-se a carga térmica para o montante a mais de calor gerado pela carga humana. Enquanto a tipologia utiliza 120 W por ocupante, o valor de referência que a empresa dona das academias adota para cálculo é de 525 W por pessoa. A taxa de ocupação também é diferente. O valor encontrado para a academia foi de 13 m²/pessoa. Esta taxa foi encontrada através dos registros das catracas que a academia possui instaladas na entrada. Sendo assim, para o caso real há uma menor ocupação da academia, pois a tipologia utiliza como parâmetro de taxa de ocupação 10 m²/pessoa. Com isto, foi possível calcular a média horária de ocupação e adotar como valor. Outra modificação, como para DPE, foi realizada no número de horas e dias de utilização a mais por ano, o que ocasiona em uma maior liberação de calor. Realizada estas alterações para o cálculo adicional de carga térmica, o montante a mais de calor gerado por ano é de 170.500 kWh aproximadamente a mais, de acordo com a Tabela 53.

Tabela 53 - Carga térmica adicional humana

Diferença entre carga térmica anual humana adicional e da tipologia			
Carga Térmica Adicional		Carga Térmica Tipologia	
Taxa de ocupação (m ² /pessoa)	13	Taxa de ocupação (m ² /pessoa)	10
Área (m ²)	1069	Área (m ²)	1069
Número de pessoas no interior	83	Número de pessoas no interior	107
Calor dissipado (Wh)	525	Calor dissipado (Wh)	120
Horas por dia de utilização	13,63	Horas por dia de utilização	12
Número de dias por ano de utilização	365	Número de dias por ano de utilização	300
Carga Térmica Humana (kWh.ano)	216783,45	Carga Térmica Humana (kWh.ano)	46180,80
Diferença Carga Térmica Total Anual (kWh.ano)		170602,65	469%

Fonte: Autor

Percebe-se que apesar do número de pessoas menor para a carga térmica adicional há uma grande diferença no valor total de carga térmica em comparação com a tipologia. Este maior valor é explicado pelo uso muito mais prolongado da academia em comparação com o utilizado como parâmetro pela tipologia, o que acarreta em um grande aumento de 469% da carga térmica total anual.

Tais fatores corroboram o fato de melhorias no método, principalmente na entrada de parâmetros na interface *web* quando a tipologia utilizada for para edificações não descritas anteriormente. Para este caso específico, haveria a necessidade de liberação de entrada do valor de DPE adotado, como também de dias e horas de uso da edificação. Como é uma edificação que o seu padrão de construção e uso podem variar conforme cada caso, não poderiam estes valores serem travados na hora do cálculo. Já se tratando da tipologia de academias, há a necessidade de regulagem do montante de carga térmica humana no interior da edificação, que é muito maior do que a rede neural utiliza como valor fixo de cálculo.

4.7.2 DA LIMITAÇÃO PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Alguns pontos falhos na metodologia de cálculo para o sistema de iluminação precisam ser revistos quando analisado para o caso de academia. Primeiramente, a quantidade de dias de ocupação ao longo do ano precisa ser revista e o número de horas de funcionamento.

Academias maiores e que possuem um grande número de alunos, como é o caso da Smart Fit, funcionam mesmo aos finais de semana para atender a qualquer tipo de usuário que encontre dificuldades em frequentar o estabelecimento durante a semana. Por exemplo, a academia permanece aberta mesmo aos sábados, domingos e feriados, o que leva a 365 dias de funcionamento ao longo. Contudo, aos finais de semana e feriados há um horário reduzido de funcionamento.

Outro ponto importante são as horas de ocupação. Usuários desta tipologia, normalmente, frequentam em horários diferenciados devido à necessidade de cumprir com suas jornadas de trabalho. Portanto, há uma extensão natural das horas em que academias ficam em funcionamento, sendo comum o funcionamento por 14 horas ou mais ao longo da semana.

Simulando estes fatores, de acordo com os dias e horas de funcionamento da academia estudada, foi possível calcular o consumo de eletricidade por ano, conforme a Tabela 54.

Tabela 54 - Comparativo de Consumo Elétrico

CONSUMO ELÉTRICO COMPARATIVO		
	Uso Tipologia	Uso Real
Potência Instalada Total (kW)	12,10	12,10
Horas de uso da edificação*	12	13,93
Número de dias de utilização no ano	300	365
Consumo Elétrico (kWh/ano)	43552,63	61505,13
Diferença de Consumo (kWh/ano)	17952,50	41,2%

Fonte: Autor

Uma diferença significativa de 41% a mais de gasto elétrico foi encontrado, representando por volta de 18.000kWh a mais de consumo por ano. Isto corrobora a importância destes ajustes pontuais para a tipologia de academias para que represente melhor a realidade.

Além do consumo de eletricidade a mais, também foi analisado quanto a mais de calor dissipado pelo sistema de iluminação. Para simplificar o cálculo, a DPI utilizada para o caso de carga térmica adicional foi obtida através da média ponderada entre a DPI real de cada ambiente pela sua área iluminada. Assim, chegou-se a uma DPI de 10 W/m², enquanto a tipologia usa como referência 12,48 W/m². Mas novamente, o maior problema encontrado ocorreu nos dias e horas de utilização que fazem uma grande diferença no calor total gerado, conforme a Tabela 55 demonstra.

Tabela 55 - Carga Térmica Adicional para o Sistema de Iluminação

Diferença entre carga térmica anual para DPE adicional e da tipologia			
Carga Térmica DPE Adicional		Carga Térmica DPE Tipologia	
DPI (W/m ²)	10,12	DPI (W/m ²)	12,48
Área (m ²)	953,6	Área (m ²)	953,6
Horas por dia de utilização	13,63	Horas por dia de utilização	12
Número de dias por ano de utilização	365	Número de dias por ano de utilização	300
Calor dissipado (kWh.ano)	48010,4167	Calor dissipado (kWh.ano)	42843,34
Diferença de calor dissipado anualmente (kWh.ano)		5167,1	112%

Fonte: Autor

Com as cargas térmicas adicionais calculadas anteriormente, somou-se os valores obtidos com o calculado para a condição real da carga térmica total anual para a edificação e comparado ao obtido através da manipulação da conta elétrica da academia. A Tabela 56 demonstra que a diferença não chegou a 1%, ou seja, foi uma aproximação muito boa e que

reflete que o método de avaliação necessita de adaptações para se enquadrar nesta tipologia, pois seu valor de carga térmica total calculado através da interface é muito distante do verdadeiro.

Tabela 56 - Comparação entre carga térmica adicional e pelo consumo de eletricidade

Diferença entre carga térmica adicional e pelo consumo elétrico	
Carga térmica tipologia - Cond. Real (kWh.ano)	149933,88
Carga térmica humana adicional (kWh.ano)	151804,81
Carga térmica iluminação adicional (kWh.ano)	5167,08
Carga térmica de equipamentos adicional (kWh.ano)	100540,90
Carga Térmica Total Anual (kWh.ano)	407446,66
Carga Térmica pelo Consumo Elétrico (kWh.ano)	411043,94
Diferença entre cargas térmicas (%)	-0,9%

Fonte: Autor

4.7.3 DA LIMITAÇÃO PARA O CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA

Apesar da demonstração do cálculo de energia primária, não há disponível parâmetros de comparação. Assim, torna-se difícil uma compreensão do quanto está se gastando e se este montante gasto representa muito ou pouco ao final em relação a outro prédio de características e tipologias largamente conhecidas e utilizadas no Brasil, por exemplo, que já foi estudado e tenha um valor pré-definido. Com isto, tornar-se-ia o valor encontrado mais significativo para o público que está analisando os sistemas e consumos da edificação.

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi alcançado de maneira satisfatória, uma vez que a envoltória e os sistemas de condicionamento de ar, iluminação e aquecimento de água puderam ser avaliados. De um modo geral, a academia que foi estudada apresentou bons resultados na parte de iluminação e aquecimento de água com classificação energética nível B nos dois casos. Infelizmente, para os outros dois quesitos, envoltória e condicionamento de ar, a sala comercial deixa a desejar havendo significativas melhoras a serem realizadas, principalmente no sistema de condicionamento.

Levando em consideração a envoltória, esta apresentou Classe C de eficiência. Como discutido nos resultados, O Novo Método de Avaliação necessita de ajustes para refletir melhor a carga térmica gerada em tipologias deste tipo. O principal quesito seria um ajuste da rede neural referente à carga térmica interna gerada pelos usuários, uma vez que, segundo os cálculos vistos nos projetos da academia, este valor é significativamente inferior ao que atualmente é utilizado como parâmetro de cálculo. Somando-se a isto, é necessário um ajuste das horas e dias de uso da edificação que são mais extensos do que o apresentado.

O sistema de condicionamento de ar, como exposto, deixou muito a desejar. Por se tratar de uma tipologia que possui a necessidade de resfriamento interno ao longo do dia devido à geração de calor de pessoas se exercitando, deveria haver uma maior preocupação em obter-se máquinas de melhor eficiência energética, ao invés da atual composição que representa uma Classe D de eficiência. A simulação para este sistema demonstrou que em nove anos aproximadamente o empresário teria seu capital investido de volta pela economia gerada. Infelizmente, este tempo inibe que todas as máquinas sejam substituídas de uma vez, pois é um valor consideravelmente alto e que pode comprometer o fluxo de caixa de uma empresa no curto prazo. Também é preciso levar em conta ao longo de sete anos de uso intenso, algumas destas máquinas apresentarão problemas ou precisarão serem substituídas. Por isto, uma troca gradual e lenta é a melhor opção para uma empresa que possui baixo nível de eficiência energética. Outro ponto importantíssimo de destaque resultante desta simulação foi a averiguação da diferença de carga térmica gerada na academia, através da medição individual do sistema de condicionamento de ar. Conforme os cálculos apresentados, uma diferença de três vezes entre a carga térmica calculada pelo Método Simplificado e a calculada pela simulação.

A iluminação apresentou um bom desempenho energético atingindo a Classe B. As lâmpadas fluorescentes T5 utilizadas pela academia apresentam uma boa eficiência energética,

o que contribuiu de maneira significativa para o bom resultado apresentado. Poder-se-ia questionar a troca destas lâmpadas por LED's, mas é preciso levar em conta a diferença de depreciação do fluxo luminoso que as lâmpadas LED apresentem em comparação as fluorescentes, o que acarretaria em trocas de maior frequência para manter a luminosidade do interior adequada ao uso. Com a correção da tipologia para as horas e dias de uso, este quesito também refletirá melhor o consumo correto anual de energia elétrica.

Passando a avaliação do sistema de aquecimento de água foi muito positiva tendo um nível de eficiência energética B. Infelizmente, esta tipologia, avaliando-se apenas a porcentagem de economia no consumo de energia primária, enquadrar-se-ia como Classe A. Contudo, a falta de isolamento térmico das tubulações de distribuição e recirculação impediram que este nível fosse alcançado. Percebe-se que este sistema requer muita energia para aquecer a água devido à alta demanda em tipologias como academias, sendo o sistema que mais consome energia primária. Caso fosse levado em conta o consumo de energia primária do condicionamento de ar simulado, este ficaria em primeiro e o sistema de aquecimento em segundo.

Por fim, como sugestão para novos trabalhos, seria de interesse o estudo do desenvolvimento de uma tipologia própria para academias, ao invés da utilização de uma tipologia não descrita. Também há a sugestão para o desenvolvimento da rede neural de cálculo, onde poderia ser executada alterações na carga térmica humana e a temperatura de conforto térmico em ambientes como academias, onde os condicionadores de ar são utilizados em temperaturas mais baixas do que o convencional em comércios. Contra a má eficiência da envoltória e do sistema de condicionamento de ar, sugere-se o estudo de alternativas construtivas e tecnológicas para melhorar a eficiência destes sistemas e, conseqüentemente, reduzir a carga térmica total anual gerada e o consumo de energia.

REFERÊNCIAS

ALVIM, C. et al. Energia final e equivalente - Procedimento Simplificado de Conversão. **Ecen - Economia e Energia**, 2000. Disponível em: <<http://ecen.com/eee18/enerequi.htm>>. Acesso em: 08 julho 2017.

ANAPP - AGÊNCIA NACIONAL DOS FABRICANTES CONSTRUTORES DE PISCINA E PRODUTOS AFINS. Economia em academias e clubes. **ANAPP**, 2014. Disponível em: <<http://www.anapp.org.br/boletim/economia-em-academias-e-clubes/>>. Acesso em: 13 Novembro 2017.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil - 3ª Edição**. Agência Nacional de Energia Elétrica. Brasília, p. 236. 2008.

ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. 3. ed. Atlanta. NE: [s.n.], 2003.

CASTRO, N. J. D. et al. **Reflexões sobre o mercado brasileiro de energia elétrica no atacado e a crise financeira recente**. GESEL - Grupo de Estudos do Setor Elétrico - UFRJ. Rio de Janeiro, p. 61. 2017.

CB3E E PROCEL EDIFICA. Atividades Gerais Entre Núcleos. **CB3E**, 2017. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas>>. Acesso em: 15 Julho 2017.

CB3E E PROCEL EDIFICA. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. 2. ed. Florianópolis: [s.n.], v. 1, 2017. Acesso em: 15 Julho 2017.

EPE. Consumo anual de energia elétrica por classe. **EPE - Empresa de Pesquisa Energética**, 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumonacionaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse%E2%80%932009.aspx>>. Acesso em: 15 Outubro 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. Ministério de Minas e Energia. Brasília, p. 31. 2017.

PBE EDIFICA. Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações. [S.l.]: [s.n.], v. Anexo V, 2015. p. 104.

PROCEL. Selo Procel. **PROCEL Info**, 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=>

RORIZ, M. CLASSIFICAÇÃO DE CLIMAS DO BRASIL – VERSÃO 3.0, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/Climas_v3.pdf>. Acesso em: 17 Setembro 2017.