

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**IMPLEMENTAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
UMA EDIFICAÇÃO MILITAR DO EXÉRCITO BRASILEIRO**

**MARCUS DO NASCIMENTO RACHID**

Defesa do Curso de Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Teresa Riccio Barbosa.**

**CAMPO GRANDE - MS**

**ABRIL / 2018**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Redação final do Trabalho de Conclusão Final de Curso defendida por **MARCUS DO NASCIMENTO RACHID**, aprovada pela Comissão Julgadora em 29 de Junho de 2018, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréa Riccio Barbosa – Orientador  
FAENG/UFMS

---

Prof. Dr. Francisco Eduardo Lima de Medeiros – Membro Titular  
Instituto Militar de Engenharia - IME

---

Prof. Dr. Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho – Membro Titular  
Universidade Católica Dom Bosco - UCDB

## DEDICATÓRIA

À Deus, por sua infinita misericórdia e graça fornecida sem cessar. Aos meus pais por sempre estimularem os estudos continuados e por terem me amparado em toda a minha vida. À minha irmã por ser minha amiga e conselheira. À minha esposa, pelo amor e pelo cuidado com nossa família durante toda a execução deste trabalho. Aos meus filhos, bênçãos de Deus em minha vida. Aos meus familiares e amigos, pela compreensão de minha ausência e pela lealdade.

## **AGRADECIMENTO**

Ao Excelentíssimo Sr General de Brigada Guedon, ex-comandante do 3º Grupamento de Engenharia e ao atual comandante, Sr Coronel Rangel, pelo auxílio na execução do presente trabalho.

Ao Sr Coronel Eduardo, antigo comandante da Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia e ao atual comandante, Sr Coronel Zago, por terem tornado o presente trabalho possível.

Ao Major Leonam Magno, Chefe da Seção Técnica da Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia pelo contínuo apoio ao presente trabalho.

Aos 1º Tenente Faustino (arquiteto), 1º Tenente Roberto (engenheiro civil) e 1º Tenente Luiz Pereira (engenheiro eletricitista), que forneceram todos os dados técnicos necessários e suficientes relativos ao Pav CCAp do 9º B Com GE, em nome dos quais agradeço a todos os integrantes da Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia, que colaboraram de forma direta ou indireta para a execução do presente trabalho.

À minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup> Andréa, pela paciência em orientar, ensinar, ouvir e aconselhar.

Aos colaboradores Prof Dr Wagner, Prof Dr Fernando e ao Coronel Eduardo, pelas importantes informações e conhecimentos repassados para o aperfeiçoamento do presente trabalho.

## RESUMO

RACHID, M.N. (2018). Implementação da Eficiência Energética em uma Edificação Militar do Exército Brasileiro. Campo Grande, 2018. 175 p. Trabalho de Conclusão Final de Curso (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

As dificuldades crescentes na obtenção de recursos naturais, somadas às novas legislações brasileiras sobre eficiência energética em obras públicas, trazem desafios ao Exército Brasileiro. O presente trabalho teve como objetivo implementar técnicas de eficiência energética em edificações (EEE), no projeto de construção de um pavilhão militar do Exército, avaliando sua viabilidade técnica e econômica. As peculiaridades bélicas de uma edificação militar, proporcionam desafios à implementação da eficiência energética, que não ocorrem em uma edificação comum. A Instrução Normativa nº 02/2014 – SLTI, que dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*, impõe mudanças nos projetos de edificações militares. Como resultados, foi possível implementar a eficiência energética, sendo mostrada sua viabilidade técnica e financeira, devidamente amparada por normas técnicas internas do Exército, em um Pavilhão Companhia de Comando e Apoio (Pav CCAp) do 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica, localizado no Município de Campo Grande, no Estado de Mato Grosso do Sul. Com relação ao consumo de energia elétrica, quando comparados os antigos e os novos projetos dos Pav CCAp, houve redução de 86,65% no sistema de condicionamento de ar, 69,96% no sistema de iluminação, totalizando redução de 84,19% no consumo de energia elétrica (14.966,04 kWh por mês). Com as melhorias implementadas no processo de orçamentação por parte da equipe técnica da Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia do Exército Brasileiro, responsável pela execução dos projetos do Pav CCAp, mesmo com a execução de projetos energeticamente eficientes, houve redução no custo por metro quadrado de 13,95%, tornando os novos projetos viáveis tanto técnica quando financeiramente.

Palavras- chaves: eficiência energética, Exército Brasileiro, pavilhão militar.

## ABSTRACT

The growing difficulties in obtaining natural resources, coupled with new Brazilian legislation on energy efficiency and sustainability in public works, bring challenges to the Brazilian Army. The present work aimed to implement energy efficiency techniques in the design of an Army military pavilion, evaluating its technical and economic viability. The warlike peculiarities of a military building, pose challenges to the implementation of energy efficiency, which ones do not occur in a common building. Normative Instruction No. 02/2014 - SLTI, which regulates the acquisition or lease of machines and appliances consumed by the Federal Public Administration, autarchic and foundational, and use of the Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE (National Energy Conservation Label) in the projects and respective new federal buildings or that receive retrofit, imposes changes in the projects of military buildings. As a result, it was possible to implement energy efficiency, showing its technical and financial feasibility, duly supported by internal technical standards of the Army, in a Pavilhão de Comando e Apoio – Pav CCAp (Company and Command Pavilion) of the 9<sup>th</sup> Communications and Electronic Warfare Battalion located at Municipality of Campo Grande, State of Mato Grosso do Sul. Regarding the consumption of electric energy, when compared to the old and new projects of Pav CCAp, there was a reduction of 86.65% in the air conditioning system, 69.96 % in the lighting system, totaling a reduction of 84.19% in electricity consumption (14,966.04 kWh per month). With the improvements implemented in the budgeting process by the Engineering Committee of the 3<sup>rd</sup> Brazilian Army Engineering Group, responsible for the execution of Pav CCAp projects, even with the execution of energy-efficient projects, there was a reduction in the cost per square meter of 13,95%, making the new projects feasible both technically and financially.

Keywords: energy efficiency, Brazilian Army, military pavilion.

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTO .....	4
RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
SUMÁRIO.....	7
LISTA DE FIGURAS .....	10
LISTA DE TABELAS .....	13
LISTA DE ABREVIATURAS.....	15
LISTA DE SÍMBOLOS .....	17
LISTA DE EQUAÇÕES .....	18
1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.1.1 Objetivo geral.....	21
1.1.2 Objetivos específicos.....	21
1.2 JUSTIFICATIVA .....	21
1.3 LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO.....	27
1.3.1 Análise dos resultados .....	28
1.3.2 Conclusão do levantamento bibliométrico.....	31
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	32
2.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS PERTINENTES.....	32
2.2 A ETIQUETA PBE-EDIFICA .....	36
2.2.1 Breve histórico .....	36
2.2.2 Fases da etiquetagem.....	40
2.2.3 Método prescritivo .....	45
2.2.4 Método de simulação .....	46
2.2.5 Comparação entre os métodos e metodologia de cálculo .....	46
2.3 O SISTEMA DE OBRAS MILITARES .....	49
2.3.1 Características das obras militares .....	51
2.3.2 Últimos resultados obtidos no âmbito militar .....	52
2.4 PROPOSTAS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS SUSTENTÁVEIS E ENERGETICAMENTE EFICIENTES PARA USO EM EDIFICAÇÕES MILITARES .....	57
2.4.1 Steel Frame .....	57
2.4.2 Vidros especiais.....	65
2.4.3 Telhas galvanizadas com poliuretano .....	67
2.4.4 Sistema para reuso de águas pluviais .....	69

2.4.5	Calhas refletivas .....	70
2.4.6	Blocos intertravados de concreto na pavimentação .....	70
2.4.7	<i>Boilers</i> para aquecimento da água.....	71
3	METODOLOGIA .....	74
3.1	<i>DESCRIÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO DE CASO</i> .....	76
3.2	<i>APLICAÇÃO DO MÉTODO PRESCRITIVO NO PROJETO EM ESTUDO</i> .....	80
3.2.1	Dados de entrada dos pré-requisitos gerais .....	80
3.2.2	Dados de entrada dos pré-requisitos específicos da envoltória.....	81
3.2.3	Dados de entrada do sistema de iluminação.....	88
3.2.4	Dados de entrada do sistema de condicionamento de ar .....	91
3.2.5	Dados de entrada das bonificações.....	94
3.2.6	Dados de entrada da etiqueta geral.....	95
4	RESULTADOS .....	97
4.1	<i>LEVANTAMENTO DE DADOS DOS Pav CCAp JÁ EXISTENTES</i> .....	97
4.1.1	Pré-requisitos Gerais .....	97
4.1.2	Análise da envoltória.....	98
4.1.3	Análise do sistema de iluminação .....	104
4.1.4	Análise do sistema de condicionamento de ar .....	110
4.1.5	Bonificações .....	115
4.2	<i>LEVANTAMENTO DE DADOS DOS Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS</i> .....	115
4.2.1	Lado Leste .....	115
4.2.2	Lado Oeste.....	133
4.3	<i>RESUMO DO NÍVEL DE EEE OBTIDO PELOS Pav CCAp JÁ EXISTENTES E PELOS Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS</i> .....	134
4.4	<i>NÍVEL DE EEE CALCULADO PARA OS Pav CCAp JÁ EXISTENTES</i> .....	135
4.5	<i>NÍVEL DE EEE CALCULADO PARA OS Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS</i> .....	142
4.5.1	Resultados obtidos para a Edificação do Lado Leste do Pav CCAp.....	142
4.5.2	Resultados obtidos para a Edificação do Lado Oeste do Pav CCAp .....	147
4.6	<i>CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DOS PAV CCAp</i> .....	152
5	ANÁLISES E DISCUSSÃO .....	155
5.1	<i>NÍVEIS DE EEE</i> .....	155
5.2	<i>CUSTOS PARA CONSTRUÇÃO DOS PAV CCAp</i> .....	156
5.3	<i>SOFTWARE WEBPRESCRITIVO</i> .....	160
5.4	<i>RTQ-C</i> .....	160
5.5	<i>OBRAS MILITARES</i> .....	161
6	CONCLUSÃO.....	163
7	BIBLIOGRAFIA.....	165

APÊNDICES .....	174
ANEXOS .....	175

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zonas Bioclimáticas do Brasil. ....	23
Figura 2 - Fachada do 10º Regimento de Cavalaria Mecanizado, localizado em Bela Vista – MS. ....	24
Figura 3 - Fachada do 13º Regimento de Cavalaria Mecanizado, localizado em Pirassununga – SP. ....	24
Figura 4 - Índice global de variação de temperatura. ....	26
Figura 5 - Comparativo entre índices pluviométricos (anomalias) e temperaturas máximas (anomalias), ao longo dos anos. ....	26
Figura 6 - Distribuição quantitativa dos artigos selecionados desde 2005. ....	29
Figura 7 - Comparação de uso de energia por diferentes fontes e comparação de custo de energia por tais fontes pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. ....	36
Figura 8 - Eletrodomésticos etiquetados. ....	38
Figura 9 - Exemplo de etiqueta ENCE. ....	39
Figura 10 - Origem da ENCE. ....	39
Figura 11 - Fluxograma do processo de etiquetagem de edificações militares ....	43
Figura 12 - Processo de emissão da etiqueta. ....	44
Figura 13 - Processo de emissão da etiqueta. ....	45
Figura 14 - Método de simulação. ....	46
Figura 15 - Comparação esquemática entre os métodos prescritivo e de simulação. ....	47
Figura 16 - Cálculo da pontuação total. ....	47
Figura 17 - Fórmula para cálculo do nível de eficiência energética da edificação. ....	48
Figura 18 - Exemplo de cálculo de nível de eficiência energética de uma edificação. ....	49
Figura 19 - Organograma da Diretoria de Obras Militares. ....	50
Figura 20 - Planejamento de longo prazo do Exército para implementação da EE e Sustentabilidade nas obras militares. ....	54
Figura 21 - Detalhe da etiqueta de projeto. ....	56
Figura 22 - Detalhe da etiqueta de edificação construída. ....	56
Figura 23 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em <i>steel frame</i> utilizada nas paredes externas. ....	58
Figura 24 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em <i>steel frame</i> utilizada nas paredes internas. ....	59

Figura 25 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em <i>steel frame</i> utilizada nas lajes.....	60
Figura 26 - Foto mostrando a estrutura em <i>steel frame</i> utilizada nas coberturas. ....	61
Figura 27 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em <i>steel frame</i> utilizada nas lajes impermeabilizadas mistas. ....	62
Figura 28 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em <i>steel frame</i> utilizada nas lajes impermeabilizadas secas. ....	62
Figura 29 - Foto mostrando as instalações elétricas em estrutura em <i>steel frame</i> . ....	63
Figura 30 - Foto mostrando as instalações elétricas em estrutura em <i>steel frame</i> . ....	64
Figura 31 - Exemplo de obra realizada em <i>steel frame</i> . ....	65
Figura 32 - Exemplo de uso de vidro refletivo temperado. ....	67
Figura 33 - Telha metálica galvanizada com poliuretano. Telha tipo “sanduíche”.....	68
Figura 34 - Modelo de reuso da água de chuva. ....	69
Figura 35 - Calhas refletivas.....	70
Figura 36 - Pavimentação com blocos intertravados de concreto. ....	71
Figura 37 - Exemplo de boiler com tubos à vácuo. ....	72
Figura 38 – Etapas de implantação de eficiência energética em uma edificação militar, .....	75
Figura 39 – Localização da obra.....	76
Figura 40 - Vistas em perspectiva do pavilhão militar. ....	77
Figura 41 - Vista em perspectiva do pavilhão militar (planta baixa humanizada). ....	78
Figura 42 - Vista superior do movimento do Sol em relação ao pavilhão militar.....	78
Figura 43 - Vista em perspectiva do movimento do Sol em relação ao pavilhão militar. ....	79
Figura 44 - Vista da interface do <i>software</i> Webprescritivo para os pré-requisitos gerais.....	81
Figura 45 - Vista da interface do <i>software</i> Webprescritivo para a envoltória. ....	82
Figura 46 - Vista da interface do <i>software</i> Webprescritivo para os dados de entrada das dimensões da edificação. ....	85
Figura 47 - Vista da interface do <i>software</i> Webprescritivo para os dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de iluminação.....	89
Figura 48 - Vista da interface do <i>software</i> Webprescritivo para os dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar. ....	92

Figura 49 - Espessuras mínimas de isolamento de tubulações de aço para sistemas de refrigeração.....	93
Figura 50 - Vista da interface do <i>software</i> Webprescritivo para os dados de entrada das bonificações.....	95
Figura 51 - Vista da interface do <i>software</i> Webprescritivo para os dados de entrada da etiqueta geral.....	96
Figura 52 - Tipo de cobertura nº 05 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013. .....	104
Figura 53 - Tipo de parede externa nº 41 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013. ....	104
Figura 54 - Tipo de cobertura nº 19 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013. .....	122
Figura 55 - Tipo de parede externa nº 41 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013. ....	122
Figura 56 - Resultado do nível de EEE obtido para os Pav CCAp existentes. ....	136
Figura 57 - Resultado do nível de EEE obtido pela Edificação Lado Leste do Pav CCAp a ser construído.....	143
Figura 58 - Resultado do nível de EEE obtido pela Edificação Lado Oeste do Pav CCAp a ser construído.....	148

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados das pesquisas de palavras-chaves.....	28
Tabela 2 - Total de publicações conforme as fases do levantamento bibliométrico. ...	28
Tabela 3 - Quantitativo de artigos conforme a área de concentração. ....	31
Tabela 4 - Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral. .....	42
Tabela 5 - Contribuição de cada elemento do projeto na carga térmica.....	65
Tabela 6 - Dados de entrada dos pré-requisitos específicos da envoltória. ....	82
Tabela 7 - Dados de entrada das dimensões da edificação. ....	85
Tabela 8 - Dados de entrada das aberturas da edificação. ....	86
Tabela 9 - Dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de iluminação. ....	89
Tabela 10 - Dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar. .....	93
Tabela 11 - Dados de entrada dos parâmetros de cálculo do sistema de condicionamento de ar.....	94
Tabela 12 - Análise dos pré-requisitos para nível “A” em EEE para a envoltória dos Pav CCAp existentes na ZB 6. ....	99
Tabela 13 - Análise das dimensões da edificação para os Pav CCAp existentes. ....	101
Tabela 14 - Análise das aberturas da edificação para os Pav CCAp existentes. ....	102
Tabela 15 - Análise dos pré-requisitos para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação dos Pav CCAp existentes na ZB 6. ....	105
Tabela 16 - Resumo dos pré-requisitos. ....	108
Tabela 17 - Análise do método de cálculo para o sistema de iluminação. ....	109
Tabela 18 - Análise dos pré-requisitos para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar para os Pav CCAp existentes na ZB 6. ....	111
Tabela 19 - Análise do método de cálculo para o sistema de iluminação. ....	111
Tabela 20 - Análise do método de cálculo para o sistema de condicionamento de ar. .....	112
Tabela 21 - Análise dos pré-requisitos para nível “A” em EEE para a envoltória dos Pav CCAp a serem construídos na ZB 6. ....	117
Tabela 22 - Análise das dimensões da edificação para os Pav CCAp a serem construídos.....	119

Tabela 23 - Análise das aberturas da edificação para os Pav CCAp a serem construídos.....	120
Tabela 24 - Análise dos pré-requisitos para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação dos Pav CCAp a serem construídos na ZB 6.....	124
Tabela 25 - Análise do método de cálculo para o sistema de iluminação. ....	127
Tabela 26 - Análise dos pré-requisitos para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar para os Pav CCAp a serem construídos na ZB 6. ....	129
Tabela 27 - Análise do método de cálculo para o sistema de condicionamento de ar. .....	130
Tabela 28 - Diferenças entre as edificações Lado Leste e Lado Oeste dos Pav CCAp nas envoltórias. ....	134
Tabela 29 - Resumo dos níveis de EEE obtidos pelos Pav CCAp existentes e que serão construídos.....	135
Tabela 30 - Cálculo do ICenv para os Pav CCAp existentes. ....	142
Tabela 31 - Cálculo do ICenv para a Edificação lado Leste dos Pav CCAp a serem construídos.....	147
Tabela 32 - Cálculo do ICenv para a Edificação lado Oeste dos Pav CCAp a serem construídos.....	152
Tabela 33 – Resumo do consumo de energia elétrica dos antigos e dos novos projetos dos Pav CCAp .....	153
Tabela 34 - Comparação entre os custos para construção dos Pav CCAp já existentes e para os novos Pav CCAp.....	154
Tabela 35 - Comparação entre os custos para construção dos Pav CCAp com projeto antigo e fechamento em <i>steel frame</i> e os novos Pav CCAp.....	158
Tabela 36 - Resumo das principais alterações realizadas nos projetos do Pav CCAp	158
Tabela 37 - Resumo dos principais resultados obtidos com as mudanças nso projetos do Pav CCAp.....	159

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRAVIDRO - Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos
- ACORE - *American Council on Renewable Energy* (Conselho Americano de Energia Renovável)
- APF - Administração Pública Federal
- APP – Área de Proteção Permanente
- CAPES - Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior
- CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
- CISAP - Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública
- CO/3º Gpt E - Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia do Exército Brasileiro
- DEC - Departamento de Engenharia e Construção
- DoD - *Department of Defense* (Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América)
- DOM - Diretoria de Obras Militares
- EE - Eficiência Energética
- EEE - Eficiência Energética em Edificações
- EISA - *Energy Independence and Security Act* (Ato de Segurança e Independência Energética)
- ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
- EPACT - *Energy Policy Act* (Ato de Política Energética)
- GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações / UFSC
- LED - *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz)
- MPOG – Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
- NBR - Norma Brasileira
- OIA - Organismo de Inspeção Acreditado
- OM - Organização Militar
- OPUS - Sistema Unificado do Processo de Obras
- OSB - *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientadas)
- Pav CCAp - Pavilhão Companhia de Comando e Apoio
- PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PDOM - Plano Diretor de Organizações Militares

PEX - *Crosslinked Polyethylene* (Polietileno Reticulado)

PNR - Próprio Nacional Residencial

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RAC - Requisito de Avaliação da Conformidade para Edificações

RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações. Comerciais, de Serviços e Públicas

RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

SLTI - Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

XPS - *Extruded Polystyrene Foam* (placa de Espuma Rígida de Extrudado de Poliestireno)

ZB – Zona Bioclimática

9ª RM - 9ª Região Militar

## LISTA DE SÍMBOLOS

Btu	<i>British thermal unit</i> (unidade térmica britânica)
$\text{kJ/m}^2\text{K}$	Unidade de medida de energia em joules elevada à terceira potência por metro quadrado por Kelvin
kW	Unidade de medida de potência em watts elevada à terceira potência
kWh	Unidade de medida de potência em watts elevada à terceira potência vezes hora
lx	Unidade de medida de iluminamento em lux
m	Unidade de medida de comprimento em metros
$\text{m}^2$	Unidade de medida de área em metros quadrados
$\text{m}^3$	Unidade de medida de volume em metros cúbicos
mm	Unidade de medida de comprimento em milímetros
TBtu	Unidade térmica britânica elevada à décima segunda potência
TWh	Unidade de medida de potência elevada à décima segunda potência vezes hora
V	Unidade de medida de tensão elétrica em volts
W	Unidade de medida de potência em watts
$\text{W/mK}$	Unidade de medida de potência em watts por metros por Kelvin
$\text{W/m}^2\text{K}$	Unidade de medida de potência em watts por metros quadrados por Kelvin
°	Unidade de medida de ângulo em graus
°C	Unidade de medida de temperatura em graus Celsius

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do ICenv para $A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$ .....	88
Equação 2 - Cálculo do ICenv para $A_{pe} > 500 \text{ m}^2$ .....	88

## 1 INTRODUÇÃO

A atual crise econômica presenciada pela sociedade brasileira traz desafios à Administração Pública, principalmente no que tange à melhor distribuição de recursos financeiros, que neste momento estão mais escassos que nos últimos anos. Neste contexto, são abordadas neste trabalho, as obras militares realizadas pelo Exército Brasileiro, que é a maior Instituição Pública do Brasil e principal agente do Governo Federal na construção de obras públicas, com uso de mão-de-obra própria (mão-de-obra direta).

O Exército Brasileiro possui sua fundação datada de 19 de abril de 1648, com efetivo de aproximadamente 220 mil homens espalhados por toda a extensão territorial brasileira (GOVERNO FEDERAL, 2016). É, atualmente, um dos mais importantes vetores de propagação de inovações tecnológicas do Brasil.

Dessa forma, busca sempre atender as legislações em vigor. Para isto, está promovendo atualmente uma campanha cultural e técnica para seu efetivo interno, no sentido de que sejam adotadas boas técnicas voltadas para a implementação da Eficiência Energética (EE) e sustentabilidade em suas edificações.

Neste sentido, o Exército contratou uma empresa para a realização de treinamento de seu efetivo técnico, no intuito de implementar a eficiência energética em suas edificações (EEE), desde meados de 2016, com prazo final para treinamento até meados de 2017. Após o término dos treinamentos, poderá ser emitida a nota técnica que padronizará as medidas de implementação de eficiência energética nas Organizações Militares (OM).

O impacto positivo de tais medidas, poderá trazer benefícios em médio e longo prazo, servindo de exemplo, tanto para as demais Instituições Públicas, como para o setor privado, uma vez que o Exército é um dos maiores contratantes de serviços do Brasil, nas mais diversas áreas.

Além do efetivo supramencionado, salienta-se que o número de pessoas sob abrangência de tal metodologia de EE é mais amplo. Trata-se do grande número de familiares de militares que residem em edificações militares denominadas Próprios Nacionais Residenciais (PNR). Tais residências são utilizadas pelos militares e seus respectivos dependentes enquanto estão na ativa, ou seja, durante seu tempo de serviço ativo em uma determinada região do país.

Desta forma, aumenta-se a importância da implementação da EE no Exército, pois o número de pessoas presentes nos PNR é bem superior ao número de militares em atividade, lembrando-se que tais edificações são públicas.

Vale salientar que a adoção de medidas de EE e sustentabilidade são importantes tanto em tempos de paz, quanto em tempos de guerra para um exército. Uma vez que, no segundo caso, naturalmente, as fontes de energia e de água são limitadas devido às peculiaridades da área bélica, tais recursos podem ser fatores determinantes na vitória ou derrota de um exército em campanha.

Ainda neste contexto, um exército não pode ser totalmente dependente das concessionárias de energia elétrica e de água, principalmente para o caso de uma área de conflito dentro do território nacional. Assim, tal fato influencia no dimensionamento técnico de toda a infraestrutura de captação de água e de energia elétrica, assim como na manutenção do funcionamento das telecomunicações, que dependem diretamente do fornecimento elétrico.

Salienta-se ainda que a demanda por energia elétrica cresceu mais rapidamente que seu fornecimento pelas atuais concessionárias de energia, o que causará, em breve, um déficit no setor de energia elétrica, que poderá afetar o serviço nas OM.

Da mesma forma, os equipamentos utilizados em campanha por um exército, demandam cada vez mais energia elétrica, onde as dificuldades impostas pelo terreno e pela logística na obtenção de tal energia podem ser diminuídas caso sejam implementadas medidas de eficiência energética, devidamente adaptadas ao contexto militar.

Para tal, a implementação de fontes alternativas de energia, reuso de águas pluviais e de esgoto, aumento do conforto térmico com uso racional de energia elétrica e reaproveitamento de materiais, inicialmente destinados ao descarte, torna-se essencial. Tal fato proporciona maior operacionalidade para a logística de campanha.

Observa-se ainda que, em um passado recente, ocorreram estímulos por parte do Governo Federal à população de renda inferior, para o consumo de bens móveis da chamada “linha branca”, o que causou aumento da demanda por energia elétrica. Devido à isso, a demanda atual de energia elétrica no Brasil é da ordem de 500 TWh, possivelmente chegando a 1620 TWh em 2050 (ANEEL, 2016). Contudo, não houve estímulo para o aumento do fornecimento de energia, piorando o quadro de déficit no setor de energia elétrica.

Entretanto, com relação aos possíveis impedimentos para a completa implementação da EE nas OM, podem ser citados alguns fatores como:

- singularidade técnica das edificações militares;

- necessidade de convencimento de autoridades governamentais responsáveis pela liberação de recursos, para a construção de uma edificação com EE, que podem proporcionar gastos significativamente inferiores de manutenção;
- necessidade de mudança cultural, tanto no uso de materiais e mão-de-obra, quanto no usuário da edificação, com relação ao consumo racional de recursos naturais finitos;
- custos atuais ainda elevados de equipamentos e serviços de EE e sustentabilidade;
- cortes constante de verbas para a área da defesa, ao longo das últimas duas décadas;
- dificuldades técnicas encontradas nas empresas contratadas para realizarem obras com características energeticamente eficientes para o Exército;
- falta de mão-de-obra especializada nas empresas contratadas para obras de tal natureza.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Implementar técnicas de eficiência energética e sustentabilidade no projeto de construção de um pavilhão militar do Exército Brasileiro, avaliando sua viabilidade técnica e econômica.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Promover alterações na documentação técnica do Exército Brasileiro, no que tange às obras militares, que permita a implementação de eficiência energética nas novas obras de Pavilhões Companhia de Comando e Apoio (Pav CCAp) de Organizações Militares;
- Apresentar uma proposta de projeto executivo do Pav CCAp do 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica, no Município de Campo Grande - MS, que possua todas as premissas para sua futura etiquetagem nível “A” em eficiência energética;
- Realizar a avaliação técnica e financeira para construção e manutenção da edificação do estudo de caso.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A atividade militar promove a padronização de inúmeros procedimentos no cotidiano do militar que são positivos tanto em tempos de paz quanto de guerra. Da mesma forma, as

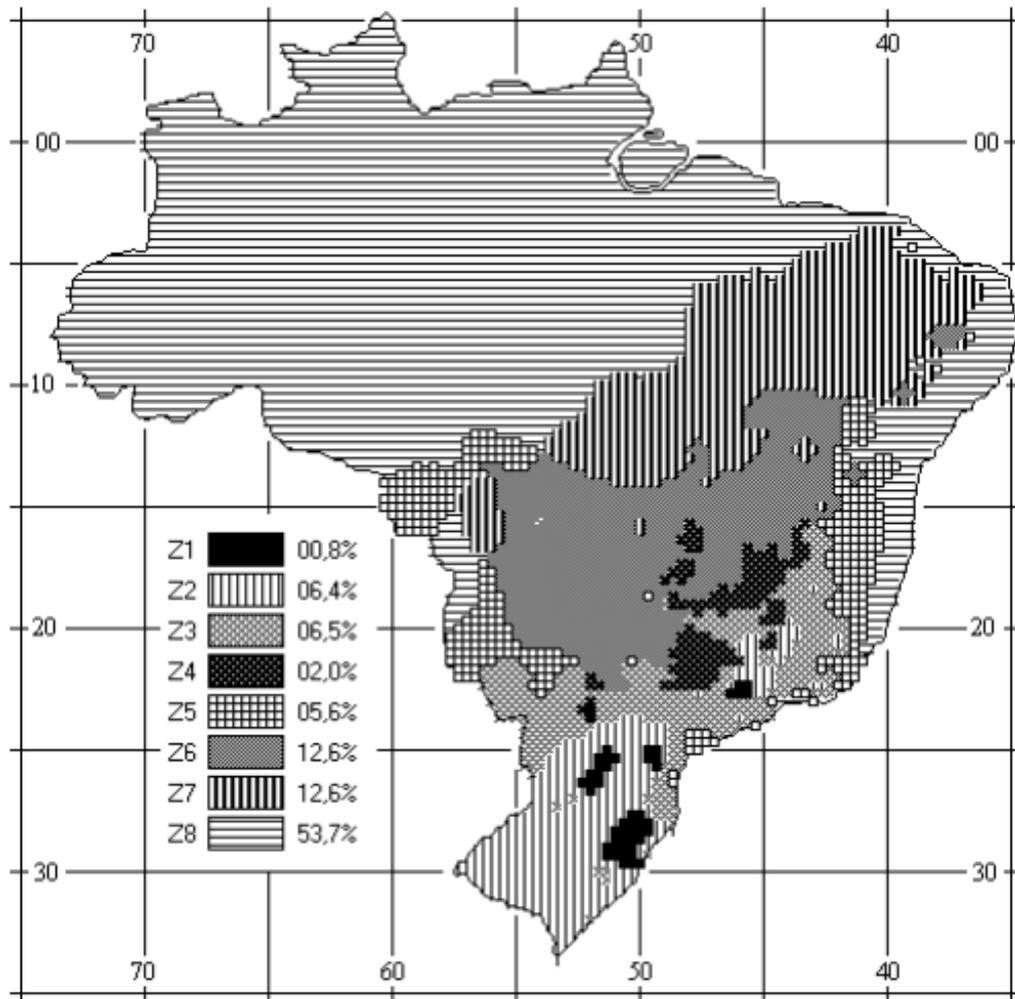
edificações militares sofreram padronizações em seus projetos ao longo dos anos. Sabendo-se que o Brasil é um país com dimensões continentais, torna-se um desafio a correta execução de projetos, que atendam a tamanha variabilidade de parâmetros climáticos, que devem ser considerados nos projetos de edificações militares.

Conforme as atuais legislações em vigor, os procedimentos e projetos militares devem ser padronizados. De acordo com o Art. 5º da Lei nº 6.880, de 9 de dezembro de 1980, que dispõe sobre o Estatuto dos Militares e com o parágrafo 1º, inciso IV do Art. 11º da Portaria Normativa nº 15/MD, de 4 de abril de 2018, a atividade militar é uma atividade continuada e inteiramente devotada às finalidades precípua das Forças Armadas (BRASIL, 1980), tendo como uma de suas características a padronização de conceitos, doutrinas, procedimentos, sistemas e materiais (BRASIL, 2018).

As Normas para Elaboração de Projetos de Aquartelamentos (NOR 203-01-92), em seu item 2, dispõe sobre os projetos de aquartelamentos, com programas e especificações gerais padronizados para todo o território nacional obedecidas as particularidades regionais, o que favorece a flexibilidade de soluções técnicas (BRASIL, 1992), contudo sem fazer menção à eficiência energética das edificações militares.

Neste contexto, é importante destacar que o Brasil possui 08 (oito) Zonas Bioclimáticas, conforme Figura 1. Tal fato, aumenta o desafio em adequar as OM dentro de cada grande Zona Bioclimática, não possibilitando a padronização completa das edificações militares em todo o país, sob pena de não haver eficiência energética e conforto térmico.

Figura 1 - Zonas Bioclimáticas do Brasil.



Fonte: ABNT, 2003.

Apesar das características supracitadas, o Exército possui edificações militares similares, em sua maior parte, nos mais diversos pontos do território nacional, conforme Figuras 2 e 3:

Figura 2 - Fachada do 10º Regimento de Cavalaria Mecanizado, localizado em Bela Vista – MS.



Fonte: PEREIRA V.H.V.e PEREIRA I., 2017.

Figura 3 - Fachada do 13º Regimento de Cavalaria Mecanizado, localizado em Pirassununga – SP.



Fonte: NARESSI, 2014.

Salientando-se ainda que o Exército possui mão-de-obra técnica especializada insuficiente no que tange à EE e sustentabilidade. Neste sentido, o Exército busca estimular seus quadros técnicos a obterem maior conhecimento no assunto em pauta, divulgando tais conhecimentos através de ofícios, palestras, cursos técnicos e de pós-graduação.

O quantitativo pequeno de mão-de-obra técnica especializada no assunto, somado ao fato das OM serem, em sua maior parte, antigas, tem como consequência o aumento nos gastos com energia elétrica e água ao longo dos anos. O constante corte de gastos militares promovido pelo Governo Federal nas últimas décadas, contribui para tal quadro.

Os gastos elevados com as concessionárias de energia e água podem ser caracterizados não somente pela cultura do brasileiro em geral, neste caso especial do militar, mas também ao fato da existência de infraestrutura elétrica antiga e com dimensionamento não adequado, assim como desperdícios de água, devido a vazamentos na rede de abastecimento de água, na maioria das OM.

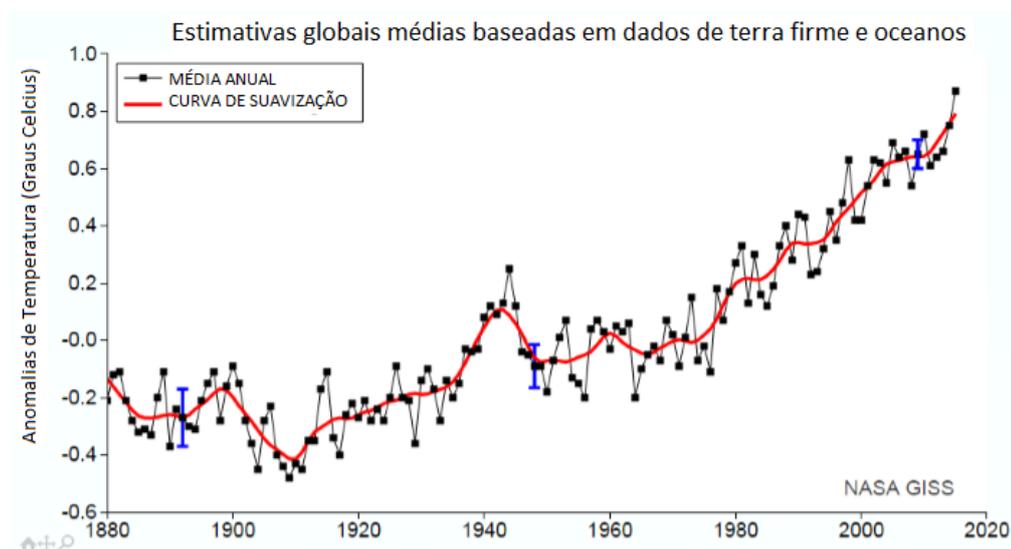
Algumas OM possuem características estruturais ainda não previstas nas normas e nos manuais técnicos vigentes, como o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética das Edificações Residenciais (RTQ-R).

Importante salientar que a legislação em vigor torna obrigatório que todas as novas obras públicas devem ser etiquetadas com nível “A” em EE. Entretanto, a singularidade das OM devido à atividade fim do Exército, não está contemplada no RTQ-C. Tal fato pode inviabilizar a completa etiquetagem em nível “A” em todas as OM, sendo possível atingir tal nível apenas em parte das edificações militares.

Aliadas ao fato supracitado, estão as mudanças climáticas globais, onde o esgotamento das fontes de energia não renováveis, somadas à recente crise hídrica que atingiu o Brasil entre 2014 e 2015, aumentam de importância o tema proposto.

Na Figura 4 é apresentado um levantamento sobre o índice global de variação de temperatura (NASA, 2016). Tal figura apresenta a variação anômala da temperatura de todo o globo terrestre, em relação ao esperado ao longo dos anos, considerando tanto a temperatura dos oceanos, quanto das áreas em terra firme. Os pontos em preto são as médias anuais. A linha em vermelho é a média considerando limites temporais de 05 (cinco) anos corridos. As barras azuis mostram o intervalo de confiança de 95% para amostragens incompletas. Importante que seja observada a forte tendência de elevação de temperatura com o passar dos anos.

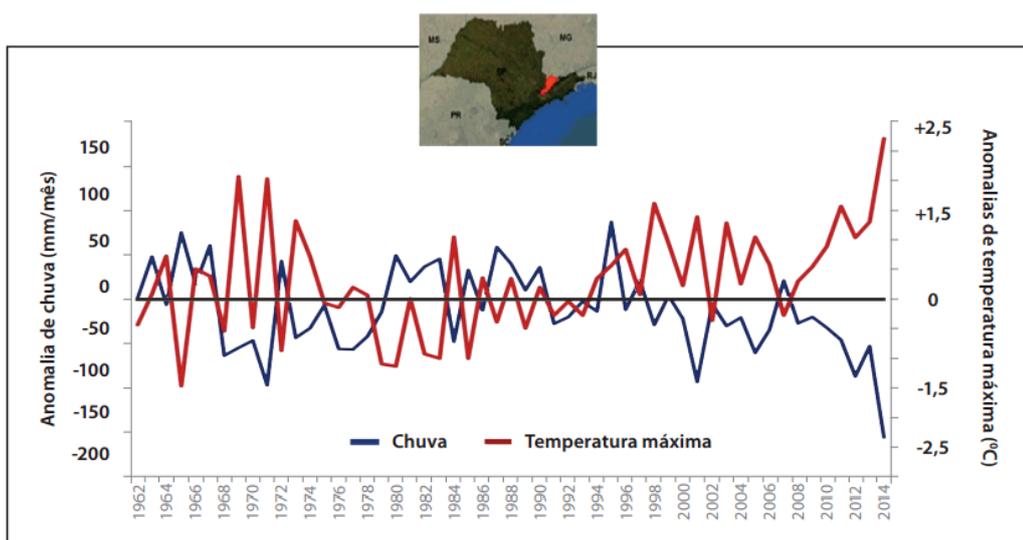
Figura 4 - Índice global de variação de temperatura.



Fonte: modificado de NASA, 2016.

Na Figura 5, é apresentado o comparativo entre índices pluviométricos e temperaturas máximas (anomalias), ao longo dos anos. Tal comparativo mostra os motivos que levaram ao colapso hídrico que afetou todo o país, principalmente o Estado de São Paulo, devido à escassez hídrica nos anos de 2014 e 2015:

Figura 5 - Comparativo entre índices pluviométricos (anomalias) e temperaturas máximas (anomalias), ao longo dos anos.



Fonte: NOBRE, 2015.

Considerando que as obras militares se enquadram nas obras públicas, guardadas as devidas particularidades, é sabido que nas edificações comerciais e públicas, o sistema de iluminação responde por 23% do consumo total de energia elétrica da edificação, enquanto

que o sistema de condicionamento de ar responde por 48% (LAMBERTS *et al*, 2014). Obviamente, a contribuição da arquitetura da edificação, conhecida como envoltória, também contribui para tais números. Hoje, quase metade do consumo da eletricidade no país ocorre em edifícios residenciais, comerciais e públicos (CINTRA, 2016).

Devido aos fatores supracitados, o estudo da implementação da eficiência energética em edificações militares é essencial e desafiador, onde foi usado como modelo para etiquetagem em eficiência energética, o tipo de edificação militar que é mais comum nas OM, qual seja, o Pavilhão Companhia de Comando e Apoio (Pav CCAp).

### **1.3 LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO**

Foi realizada pesquisa bibliométrica com foco quantitativo e qualitativo de análise de dados de publicações em artigos e revistas técnicas especializadas no tema proposto, com objetivo descritivo.

Trata-se de pesquisa com procedimento bibliográfico, de natureza aplicada, pois objetiva a resolução de uma questão centrada na eficiência energética em organizações militares. O levantamento dos dados foi realizado entre os meses de abril de 2016 a julho de 2017.

A busca por material técnico disponível sobre o tema ocorreu na plataforma de Periódicos CAPES. Inicialmente não foi limitado espaço temporal para a busca, a fim de permitir a mensuração do espectro amostral de publicações técnicas sobre o assunto pertinente. Foi buscado nos assuntos os termos:

- “eficiência energética + militar”;
- “edificações + sustentabilidade + militar”;
- "edificação + militar + eficiente".

Tais palavras-chaves foram utilizadas tanto na língua portuguesa, quanto na inglesa, sendo esta a 1ª fase do levantamento bibliométrico, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Resultados das pesquisas de palavras-chaves.

<b>COMBINAÇÕES DAS PALAVRAS-CHAVES</b>	<b>TOTAL DE PUBLICAÇÕES</b>
Eficiência Energética + Militar	68
<i>Energy Efficiency + Military</i>	706
Edificações + Sustentabilidade + Militar	6
<i>Buildings + sustainability + Military</i>	69
Edificação + Militar + Eficiente	23
<i>Building + Military + Efficient</i>	99
<b>TOTAL</b>	<b>971</b>

Fonte: autor, 2017.

Após esta análise inicial, foi realizada uma segunda análise buscando a pertinência ou não dos assuntos e resumos dos 971 (novecentos e setenta e um) artigos com o tema proposto, sendo selecionados 10 (dez) artigos, conforme Tabela 2:

Tabela 2 - Total de publicações conforme as fases do levantamento bibliométrico.

<b>FASE</b>	<b>TOTAL DE PUBLICAÇÕES</b>
1ª Fase	971
2ª Fase	10

Fonte: autor, 2017.

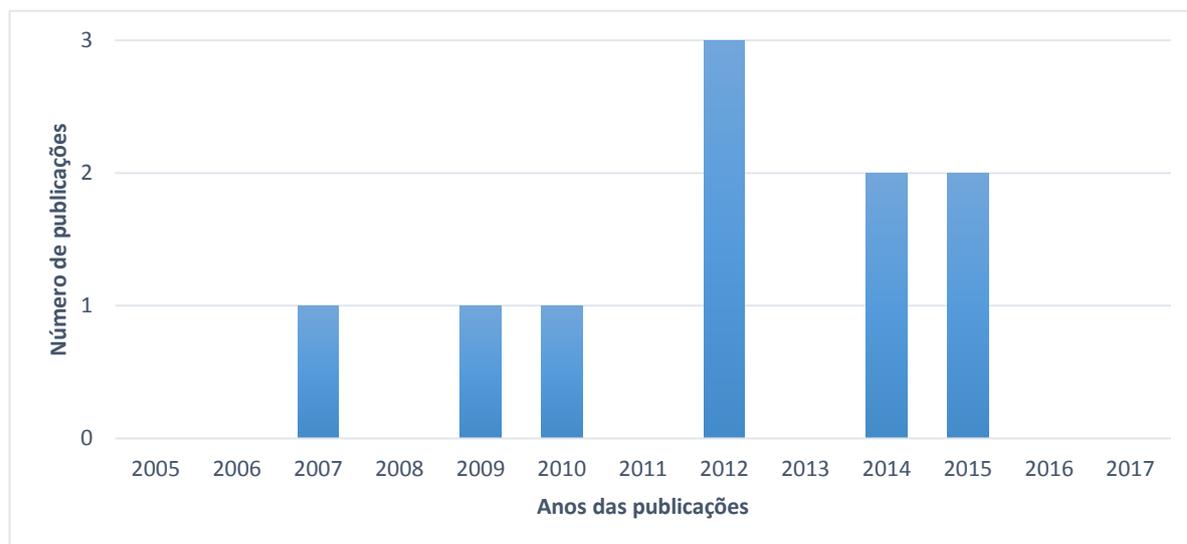
Todos os 10 artigos selecionados estão na língua inglesa, tendo como origem os Estados Unidos da América (EUA), fazendo referência ao seu Exército.

Os 10 artigos são quantitativos, mostrando os ganhos energéticos com as ações implementadas nas diversas áreas do Exército dos EUA, tanto em tempos de paz, quanto de guerra, em diferentes locais do mundo. Devido ao quantitativo relativamente pequeno de artigos a serem analisados, foi possível a realização da leitura integral de todos.

### **1.3.1 Análise dos resultados**

A pesquisa foi realizada para materiais publicados entre 2005 e 2017, sendo obtidos os seguintes resultados, conforme Figura 6:

Figura 6 - Distribuição quantitativa dos artigos selecionados desde 2005.



Fonte: autor, 2017.

A Figura 6 mostra o início de publicações pertinentes ao trabalho em 2007, com ápice nos anos de 2012 e 2014. Tal fato deve-se, provavelmente, às Legislações do Governo dos EUA de 2005 (*Energy Policy Act of 2005 – Ato de Política Energética de 2005*) e de 2007 (*Energy Independence and Security Act of 2007 – Ato de Segurança e Independência Energética de 2007*); EPACT 2005 e EISA 2007, respectivamente. Igualmente provável foi pelo fim das operações de combate da Guerra do Iraque em 2010, quando os balanços financeiros da guerra são realizados.

Sobre os artigos, pode ser citado o seguinte:

GAMMACHE (2007), apresenta duas possibilidades de obtenção de eficiência energética na área militar para os EUA: realização de contratos por eficiência para as instalações militares permanentes e utilização de resíduos, para obtenção de energia elétrica em instalações provisórias, durante as operações de combate.

DERU *et al* (2009) mostra o desenvolvimento de limites orçamentários energéticos e um guia para projetos energeticamente eficientes para refeitórios e cozinhas militares.

BOOTH *et al* (2010) propõe um processo de avaliação e planejamento para examinar a potencialidade das instalações militares serem autossuficientes energeticamente, aliando considerações de campanha, missão, custo e segurança.

GUNASEKARA (2012) faz um compêndio de informações de diversos artigos mostrando as ações do DoD (*Department of Defense*), equivalente ao Ministério da Defesa

dos EUA, que busca a independência energética dos EUA em relação a outros países fornecedores de energia não renovável, instáveis politicamente e economicamente.

LANGNER *et al* (2012) abrange a análise, a abordagem e os resultados mostrando o desempenho energético de uma instalação para manutenção de equipamentos táticos do Exército dos EUA. É proposto melhoramentos na envoltória, ventilação cruzada, redução da densidade luminosa, dentre outras medidas.

ZHIVOV *et al* (2012) lembra que o Exército dos EUA deverá, por lei, eliminar o uso de combustíveis fósseis nas novas instalações e nos casos de *retrofit* até 2030 (EPACT 2005 e EISA 2007). O Exército dos EUA deveria reduzir em 15% o consumo de energia de forma geral em todas as suas instalações até 2015. É frisado que a meta do Exército dos EUA é alcançar 08 instalações militares piloto, energeticamente sustentáveis de forma completa, até 2020, 25 instalações militares até 2031 e todas as demais instalações militares até 2058.

*American Council on Renewable Energy* (Conselho Americano de Energia Renovável - ACORE - 2014)- proporciona uma série de estudos acerca da implementação da eficiência energética, conforto térmico e sustentabilidade em instalações militares. A ACORE trabalha unida ao DoD, no sentido de trocar informações técnicas sobre o assunto com militares americanos, conforme as especificidades das edificações e equipamentos militares.

SANDRA (2014) aponta que o número de projetos de energia renovável nas bases militares americanas aumentaram de 454 em 2010 para 700 em 2012, um crescimento de 43%, incluindo energia solar, eólica, biomassa e geotérmica.

ZHIVOV *et al* (2015a) faz um guia para implementação de eficiência energética em instalações militares, fazendo observações econômicas, políticas, técnicas, dentre outras considerações, reunindo os trabalhos de diversos autores.

ZHIVOV *et al* (2015b) descreve o processo e os resultados para implementação de eficiência energética na Academia Militar de West Point – EUA, com o objetivo de tornar tal instalação energeticamente sustentável.

Foi analisada a pertinência dos artigos com as áreas de eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade, sendo obtidos os seguintes resultados, conforme Tabela 3:

Tabela 3 - Quantitativo de artigos conforme a área de concentração.

ÁREAS DE ESTUDO	QUANTIDADES
Eficiência Energética	10
Conforto Ambiental	8
Sustentabilidade	7

Fonte: autor, 2017.

### 1.3.2 Conclusão do levantamento bibliométrico

Foi possível observar a escassez de artigos publicados que são pertinentes diretamente ao assunto em pauta, qual seja, a implementação de eficiência energética em edificações militares. Porém, não é possível afirmar que a eficiência energética não esteja sendo implementada nos exércitos de outros países, até mesmo porque esse assunto pode estar sendo tratado como estratégico por tais países, não havendo assim, permissão para tornar domínio público, tais estudos e informações. Tal fator aumenta ainda mais a importância da realização do presente levantamento bibliométrico.

Com a análise dos artigos publicados, foi possível concluir que a imposição de legislações que tratem diretamente da eficiência energética, conforto térmico e sustentabilidade foram essenciais para suas implementações nas Forças Armadas dos EUA. Porém, também é importante frisar, que tais legislações possuem grande flexibilidade com relação ao método de implementação, permitindo que as Forças Armadas dos EUA, com todas as suas especificidades, tenham êxito em tal ação.

O início de publicações pertinentes ao assunto foi em 2007 com 01 publicação, 2008 sem publicações, 2009 e 2010, ambas com 01 publicação cada. Em seguida 2011 sem publicações, 2012 com 03 publicações, 2013 sem publicações, 2014 e 2015 com 02 publicações cada. Em 2016 e 2017 sem publicações até o momento.

Tais distribuições de publicações são, possivelmente, devido às Legislações do Governo dos EUA de 2005 (*Energy Policy Act of 2005* – Ato de Política Energética de 2005) e de 2007 (*Energy Independence and Security Act of 2007* – Ato de Segurança e Independência Energética de 2007); EPACT 2005 e EISA 2007, respectivamente. Igualmente provável foi pelo fim das operações de combate da Guerra do Iraque em 2010, quando os balanços financeiros da guerra são realizados. SANDRA (2014) já comentava sobre o aumento de projetos energeticamente eficientes entre 2010 e 2012.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesse capítulo serão descritas teorias consideradas importantes para o melhor entendimento do que foi desenvolvido no trabalho, principalmente por se tratar de uma obra militar, com suas legislações e características construtivas próprias. Muitas informações apresentadas não são encontradas em bibliografias de fácil acesso.

### **2.1 LEGISLAÇÃO E NORMAS PERTINENTES**

No que tange à legislação vigente, as mesmas serão citadas apenas parcialmente neste trabalho, onde podem ser destacadas as seguintes legislações principais:

- Lei nº 6.880, de 09.12.1980 - Dispõe sobre o Estatuto dos Militares;
- Portaria Interministerial 1.877 de 30.12.1985 - Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL);
- Decreto 99.656 de 26.10.1990 - Cria a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE);
- Normas para Elaboração de Projetos de Aquartelamentos (NOR-203-01-92), 1992 – Estabelece normas para programas e especificações genéricas a serem obedecidas na elaboração de projetos de aquartelamentos, conforme estabelecido no Art. 22, das Instruções Gerais para o planejamento e a execução de Obras Militares do Ministério do Exército (IG 50-03, Port Min nº 689, de 20 Jul 88);
- Decreto 0-006 de 8.12.1993 - Institui o Selo Verde de Eficiência Energética;
- Portaria 001 de 13.08.1998 - Cria grupo de trabalho para estudar a eficiência energética;
- Decreto 3.330 de 06.01.2000 - Define meta de redução de consumo de energia nos órgãos públicos para iluminação, refrigeração e arquitetura ambiental;
- Decreto 19.147 de 14.11.2000 - Dispõe sobre a redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos;
- Decreto 45.643 de 26.01.2001 - Estabelece procedimentos para aquisição de lâmpadas de alto rendimento;
- Portaria 46 de 07.03.2001 - Cria o Comitê de Acompanhamento das Metas de Conservação de Energia;
- Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências;

- Decreto 4.059 de 19.12.2001 - Estabelece níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, para máquinas e aparelhos fabricados ou comercializados no país. Regulamenta a Lei 10.295 e institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE);
- Lei 10.334 de 19.12.2001 - Trata da fabricação e da comercialização de lâmpadas incandescentes;
- Portaria 113 de 15.03.2002 - Estabelece meta de consumo para os órgãos públicos;
- Lei 10.438 de 29.04.2002 - Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial;
- Decreto 21.806 de 26.07.2002 - Torna obrigatória a adoção do Caderno de Encargos para Eficiência Energética em prédios públicos;
- Decreto 4.508 de 11.12.2002 - Define níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos;
- Resolução CC-23 de 18.03.2004 - Institui grupo técnico para estudar e propor melhores práticas de projeto e técnicas de gestão de sistemas no uso da energia elétrica;
- Resolução CC-64 de 29.09.2005 - Define denominação do grupo técnico do Comitê de Qualidade da Gestão Pública;
- Portaria Interministerial 553 de 08.12.2005 - Define os índices mínimos de rendimento nominal dos motores elétricos de indução trifásicos;
- Projeto de Lei 1.045 de 2006 - Torna obrigatório o uso de tubulação que permita a adoção de sistema de aquecimento solar;
- Portaria Interministerial 132 de 12.06.2006 - Aprova regulamentação para lâmpadas fluorescentes compactas;
- Lei 14.459 de 3 de julho de 2007 - Dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar;
- Decreto municipal 49.148 de 21.01.2008 - Regulamenta a Lei 14.459 de 3 de julho de 2007 que dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento solar no município de São Paulo.
- Instrução Normativa nº 01/2010 – SLTI – Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal (APF), direta, autárquica e fundacional.
- Portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010/INMETRO – aprova os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

- Portaria nº 395 de 11 de outubro de 2010 – aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C).

- Decreto nº 7.746 – Regulamenta o Art 3º da Lei nº 8666/93, com critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela APF, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP.

- Instrução Normativa nº 10/2012 – SLTI – Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável de que trata o Art 16º do Decreto nº 7.746 de 05 de junho de 2012 e dá outras providências.

**- Instrução Normativa nº 02/2014 – SLTI – Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores pela APF direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*.**

- Portaria Normativa nº 15/MD, de 04.04.2018 – Aprova a política de obtenção de produtos de defesa.

Em destaque, encontra-se a Instrução Normativa nº 02, de 04 de junho de 2014, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, torna obrigatória a etiquetagem em nível “A” de todas as novas obras públicas. Assim, obriga que, no caso de reforma ou readequação das edificações já existentes, haja *retrofit* no sentido de que seja implementada a eficiência energética nas mesmas, conforme citada na introdução deste trabalho (MPOG, 2014).

Segue extrato da referida Instrução Normativa:

*“ Art.5º Os projetos de edificações públicas federais novas devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe "A".*

*Parágrafo único. Após a obtenção da ENCE Geral de Projeto classe "A", a construção da nova edificação deve ser executada ou contratada de forma a garantir a obtenção da ENCE Geral da Edificação Construída classe "A".*

*Art.6º As obras de retrofit devem ser contratadas visando à obtenção da ENCE Parcial da Edificação Construída classe "A" para os sistemas individuais de iluminação e de condicionamento de ar, ressalvados os casos de inviabilidade*

*técnica ou econômica, devidamente justificados, devendo-se, nesse caso, atingir a maior classe de eficiência possível.*

*Parágrafo único. Ainda que nem todos os sistemas avaliados na edificação (envoltória, iluminação e condicionamento de ar) sejam objeto do retrofit, é recomendável que a edificação seja completamente avaliada, emitindo-se a ENCE Geral.”*

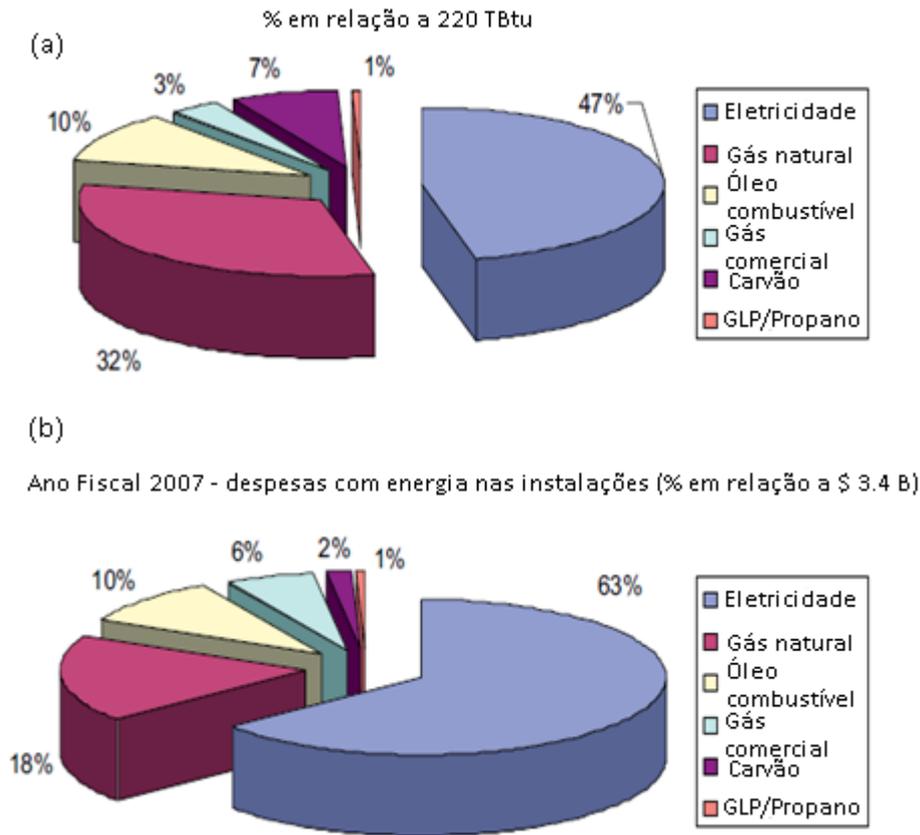
A fim de implementar tal legislação, no que tange às obras militares que se enquadrem em obras comuns, como alojamentos e pavilhões de comando, podem ser elencados 03 (três) fatores críticos de sucesso, considerando a eficiência energética em edificações, quais sejam:

- mudança nos materiais e equipamentos empregados nas obras (uso de insumos de melhor previsão quantitativa e maior qualidade de controle de sua execução, gerando eficiência energética);
- mudança na metodologia construtiva (uso de métodos mais racionais no que tange à sustentabilidade antes, durante e após a obra);
- treinamento da mão-de-obra técnica.

Neste contexto, foi importante a obtenção de experiências em EE e sustentabilidade obtidos em Exércitos de outros países. Como dados iniciais, foram obtidas as informações constantes na Figura 7, relativas ao *Department of Defense* (DoD) onde é possível observar as principais fontes de energia ainda usados pelas Forças Armadas americanas.

É possível observar que a energia elétrica, além de ser a principal fonte de energia usada pelo DoD, também é a mais onerosa, de forma não linear, conforme Figura 7:

Figura 7 - Comparação de uso de energia por diferentes fontes e comparação de custo de energia por tais fontes pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.



Fonte: modificado de UMSTATTD, 2009.

## 2.2 A ETIQUETA PBE-EDIFICA

A seguir será apresentado breve histórico da origem da Etiqueta PBE-Edifica e o método para obtenção da mesma.

### 2.2.1 Breve histórico

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), deu início, em 1984, a programas de avaliação da conformidade, com foco no desempenho, para contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil (CINTRA, 2016). Inicialmente pensado para o setor automotivo, por causa das crises do petróleo que afetaram o mundo na década de 70, este projeto foi redirecionado, ampliado e ganhou o nome de PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem (BRASIL, 2017).

Fazem parte do PBE programas de Avaliação da Conformidade que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação da Energia (ENCE) para prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que diz respeito à sua eficiência energética (BRASIL, 2017).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), surgiu em 1985, sendo transformado em programa de governo a partir de 1991, com o intuito de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica (CINTRA, 2016). Este Projeto cresceu e se transformou no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), dentro do PROCEL (CINTRA, 2016).

Atualmente, o PBE é composto por 38 Programas de Avaliação da Conformidade em diferentes fases de implementação, que contemplam desde a etiquetagem de produtos da linha branca, como fogões, refrigeradores e condicionadores de ar até os veículos e as edificações (BRASIL, 2017).

Os programas do PBE são coordenados em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), duas iniciativas governamentais operacionalizadas, respectivamente, pela Petrobras e pela Eletrobras, que premiam os produtos mais eficientes na etiquetagem do INMETRO (BRASIL, 2017).

O Decreto nº 4059/2001, ao regulamentar a Lei nº. 10.295/2001, criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e, especificamente para edificações, o “Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País” (GT-Edificações) para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil, visando ao uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2017). O GT-Edificações criou, no final de 2005, a Secretaria Técnica de Edificações (ST-Edificações) com competência para discutir as questões técnicas, envolvendo os indicadores de eficiência energética (BRASIL, 2017).

Quando da criação da ST, a Eletrobras/PROCEL havia lançado o Programa PROCEL Edifica, que foi então nomeado coordenador da ST. Desde 2003, através dele, vinha sendo organizada a estrutura necessária para viabilizar as exigências do Decreto. Em 2005, o INMETRO passou a integrar o processo através da criação da CT Edificações, a Comissão Técnica onde é discutido e definido o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE (BRASIL, 2017).

A partir daí, desenvolveu-se, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da

Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e seus documentos complementares, como os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC) e os Manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R (BRASIL, 2017).

O PBE criou então a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que classifica os produtos em faixas coloridas, em geral de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente), conforme Figuras 8, 9 e 10:

Figura 8 - Eletrodomésticos etiquetados.



Fonte: CINTRA, 2016.

Figura 9 - Exemplo de etiqueta ENCE.

<b>Energia</b> (Elétrica)		<b>REFRIGERADOR</b>
Fabricante Marca		ABCDEF XYZ(Logo)
Tipo de degelo Modelo /tensão(V)		ABC/Automático IPQR/220
<b>Mais eficiente</b>		
<b>Menos eficiente</b>		
<b>CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mes)</b> <small>(adotado no teste clima tropical)</small>		<b>XY,Z</b>
Volume do compartimento refrigerado (l)		000
Volume do compartimento do congelador(l)		000
Temperatura do congelador (°C)		-18
<small>Regulamento Especifico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e Assesmetados - RES/001-REF</small> <small>Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho.</small>		
<b>PROCEL</b> PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA <b>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</b>		

Fonte: CINTRA, 2016.

Figura 10 - Origem da ENCE.

## Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edifícios



Fonte: CINTRA, 2016.

Os RTQ-C e RTQ-R contêm os requisitos necessários para classificação do nível de eficiência energética das edificações. O RAC apresenta os procedimentos para submissão para avaliação, os direitos e deveres dos envolvidos, o modelo da ENCE, a lista de documentos que devem ser encaminhados, os modelos de formulários para preenchimento, dentre outros. É o documento que permite ao edifício obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do INMETRO (BRASIL, 2017).

A primeira versão do RTQ-C foi lançada em 2009. Atualmente encontra-se em vigor a Portaria INMETRO nº 372, de 17 de setembro de 2010, complementada pelas Portarias INMETRO nº 17, de 16 de janeiro de 2012 e Portaria INMETRO nº 299 de 19 de junho de 2013. O RAC-C foi lançado em 2009, o RAC-R em 2011. Atualmente temos um RAC único cuja portaria em vigor, foi publicada pelo INMETRO em 2013 sob o número nº 50, de 01 de fevereiro de 2013. O RTQ-R, lançado em 2010, é regido pela Portaria INMETRO nº 18, de 16 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2017).

### **2.2.2 Fases da etiquetagem**

As fases da etiquetagem de edificações contemplam a etiquetagem do projeto e do edifício construído, sendo verificados os sistemas e seus respectivos pesos (BRASIL, 2017):

- Geral: premissas para que a edificação seja etiquetável. Caso a edificação não cumpra algumas dessas premissas, não poderá ser objeto de avaliação para fins de etiquetagem. Neste item são analisados se os circuitos elétricos são divididos e se existe fonte alternativa para aquecimento da água, como uso de boilers, placas solares, gás, entre outros;

- Envoltória (30%): são avaliados a arquitetura da edificação, fachadas, esquadrias, sombreamento da edificação, transmitância térmica das paredes, fatores solares dos vidros, entre outros;

- Sistema de iluminação (30%): são avaliados a porcentagem de iluminação natural na edificação, assim como suas luminárias, lâmpadas, potência instalada somando-se todos os equipamentos, uso de sensores de presença, entre outros;

- Sistema de condicionamento de ar (40%): são avaliadas as eficiências energéticas dos equipamentos de condicionamento de ar, sendo centrais ou não (*Split*). É avaliado também, o isolamento térmico dos dutos de ar;

- Bonificações (até 01 ponto): caso a edificação apresente itens não enquadrados nos anteriores, que apresentem significativo impacto na eficiência energética. Para tal, podem ser citados alguns exemplos, como uso de redutores de água nas torneiras e vasos sanitários,

reuso de água e cogeração energética, dentre outros, poderá ter acréscimo de até 01 ponto no somatório final de pontos para obtenção do nível de eficiência energética.

Não serão considerados os parâmetros relativos à ventilação natural no presente trabalho.

Tais sistemas são avaliados através de equações, determinando o nível de eficiência energética da edificação. Tal nível pode sofrer diminuição caso a edificação não cumpra alguns pré-requisitos preconizados no RTQ-C, assim como poderá sofrer aumento, caso a edificação apresente racionalização no uso de água, cogeração, uso de energia solar para aquecimento de água, entre outros. Tal possível aumento do nível de eficiência energética é chamado de bonificação.

Caso algum sistema não possa ser analisado, a edificação poderá ainda ser etiquetada nos demais sistemas. Segue extrato do RTQ-C (2010) que esclarece este e outros pontos importantes da etiquetagem em eficiência energética:

*“Parcelas de edifícios, com área mínima de 500 m<sup>2</sup> e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV, podem também ter o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar avaliados, porém separadamente, recebendo uma classificação parcial do nível de eficiência referente a cada um destes itens. Nestes casos, as parcelas a serem classificadas devem ser: - para classificação da envoltória, o nível de eficiência energética deve ser estabelecido para a edificação completa; - para classificação do sistema de iluminação, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas, assim como para os subsolos; - para classificação do sistema de condicionamento de ar, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas, assim como para os subsolos. Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por sistemas individuais devem ser avaliadas, resultando em uma classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada sistema individual e, de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação que também varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) apresentada na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.”*

Mesmo que os demais sistemas tenham a possibilidade de serem etiquetados separadamente na edificação, a envoltória só é válida no estudo da edificação como um todo, conforme o extrato supracitado.

Para que seja realizada a etiquetagem geral da edificação, as combinações de metodologias de etiquetagem devem ser obedecidas, conforme Tabela 4:

Tabela 4 - Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral.

COMBINAÇÕES	ENVOLTÓRIA	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	VENTILAÇÃO NATURAL
Combinação 1	método prescritivo	método prescritivo	método prescritivo	método simulação
Combinação 2	método simulação	método simulação	método simulação	método simulação
Combinação 3	método simulação	método prescritivo	método prescritivo	método simulação

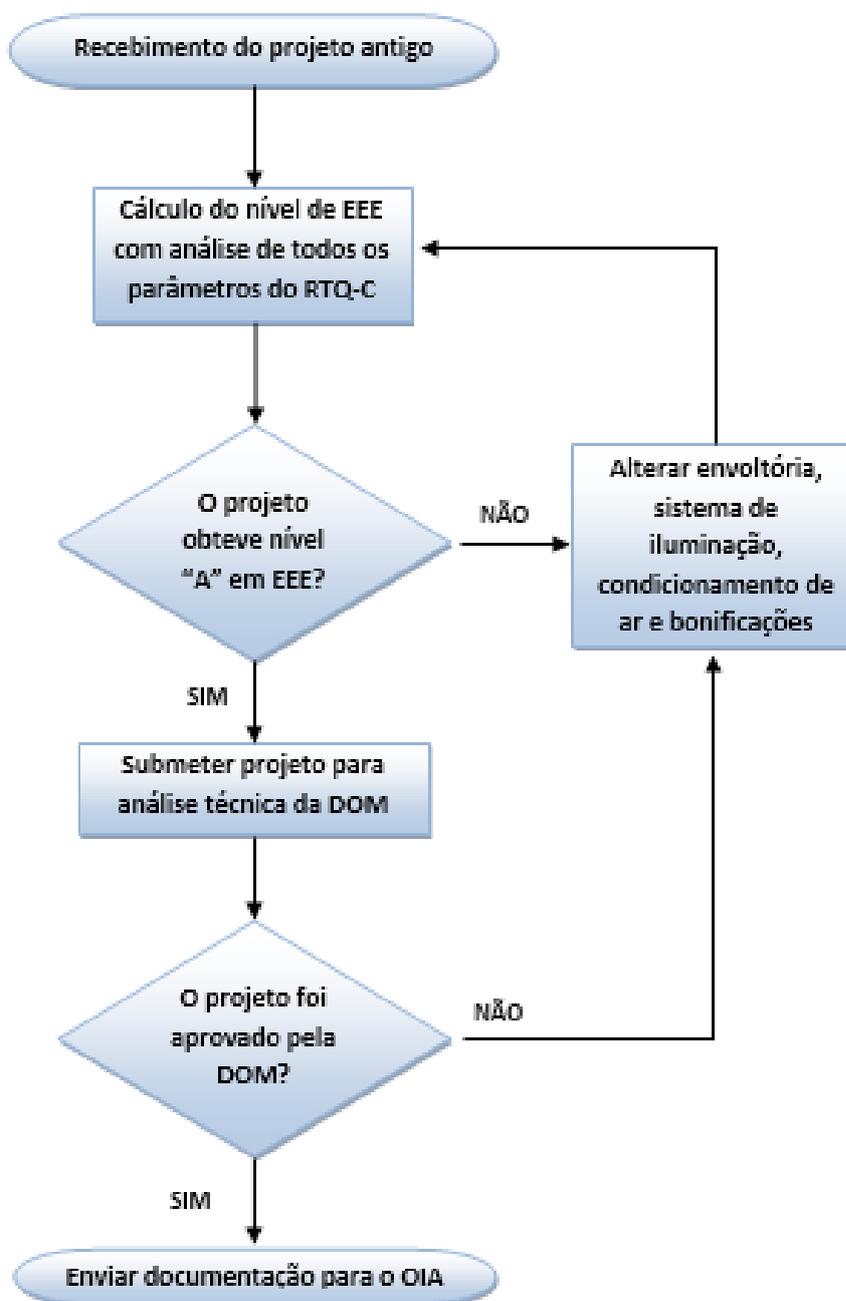
Fonte: BRASIL, 2010.

### 2.2.2.1 *Etiquetagem de Projeto*

O projeto deve ser submetido ao processo de etiquetagem tanto em casos de *retrofit*, quanto para os casos de novas obras. Para a execução desta fase, o edital da licitação do projeto deverá contemplar tal etiquetagem. Nesta fase, são avaliados os três sistemas, assim como as bonificações.

Para tal, o fluxograma presente na Figura 11 proporciona um resumo do processo de etiquetagem:

Figura 11 - Fluxograma do processo de etiquetagem de edificações militares



Fonte: autor, 2018.

### 2.2.2.2 *Etiquetagem do Edifício Construído*

Para o caso de edificações que serão ainda construídas, o seguinte processo deve ser realizado:

1) o proprietário da edificação deve buscar um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo INMETRO, com os documentos necessários conforme dispostos no Regulamento

de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C), para que a edificação seja então avaliada com relação ao seu projeto, tendo como resultado uma Etiqueta de Projeto, a qual possuirá validade até o término da obra ou até 05 anos após sua emissão;

2) caso a documentação esteja incompleta, a mesma é devolvida ao proprietário para sua correção;

3) com a documentação completa, o OIA realiza a avaliação do nível de eficiência energética, informando o resultado da avaliação ao INMETRO, que será o responsável pelo registro e divulgação da Etiqueta;

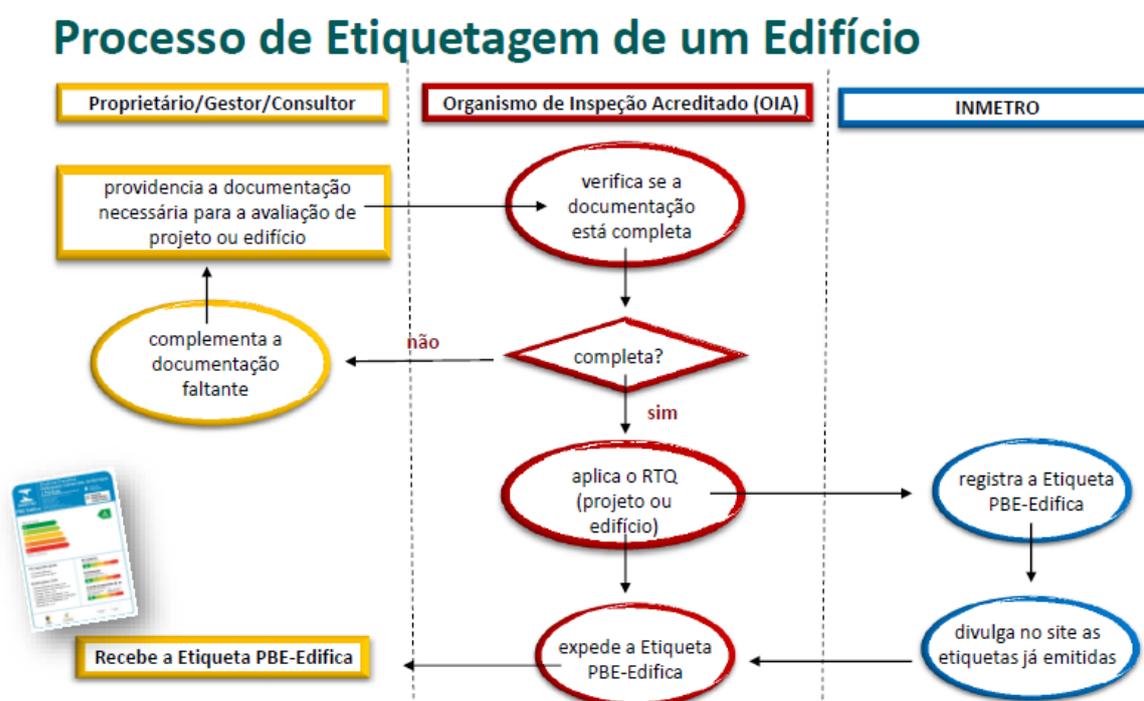
4) o OIA, de posse do registro da Etiqueta, a entrega ao proprietário da edificação.

Importante frisar que, após o término da obra, a mesma deverá ser avaliada pelo OIA, onde será confirmado, ou não, o cumprimento das premissas da Etiqueta do Projeto.

Para o caso de edifícios já existentes, o proprietário obterá apenas a Etiqueta do Edifício Construído, devendo submeter as documentações previstas no RAC-C.

O processo de emissão de uma etiqueta segue o esquema definido na Figura 12:

Figura 12 - Processo de emissão da etiqueta.



Fonte: CINTRA, 2016.

Os parâmetros técnicos a serem atingidos pelo projeto ou pela obra concluída para que os mesmos atinjam o nível “A” na etiqueta PBE-Edifica, estão citados no RAC-C. Tal regulamento descreve os trâmites administrativos e técnicos necessários para a emissão da ENCE, onde, a fim de facilitar o entendimento e aplicação do RAC-C, foi criado o Manual para Aplicação do RAC-C.

No mesmo contexto, existe o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Públicos, Comerciais e de Serviços (RTQ-C), onde tal regulamento especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética, tendo como objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.

Para facilitar seu entendimento e aplicação, foi criado o Manual de Aplicação do RTQ-C. A seguir, serão descritos os métodos prescritivo e de simulação, que são métodos de classificação da edificação quanto ao seu nível de eficiência energética.

### 2.2.3 Método prescritivo

No método prescritivo é realizado um procedimento analítico que tem como resultado a classificação da edificação no que tange à sua eficiência energética, onde os dados de entrada remetem às metodologias construtivas, à iluminação dos ambientes e ao condicionamento de ar da edificação. Após a coleta de dados relativos à envoltória, iluminação e condicionamento de ar, são aplicadas equações analíticas e verificado o índice de classificação em eficiência energética, conforme demonstrado na Figura 13, seguindo o que prescreve o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Públicos, Comerciais e de Serviços (RTQ-C).

Figura 13 - Processo de emissão da etiqueta.

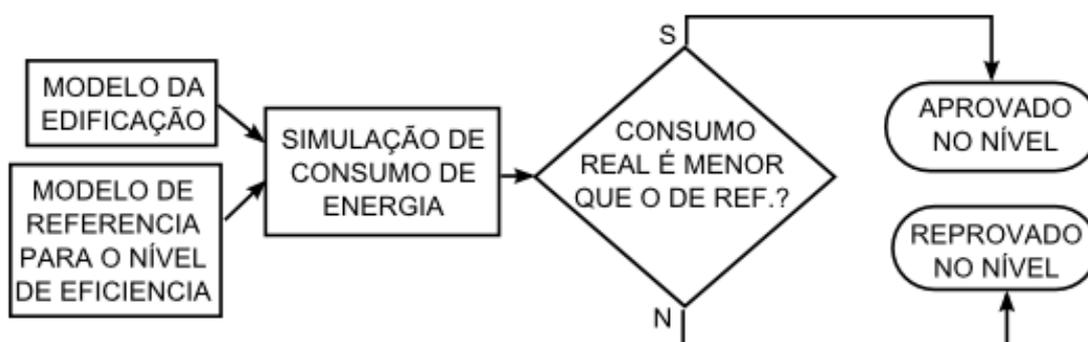


Fonte: LABEEE, 2017.

### 2.2.4 Método de simulação

No método de simulação, conforme mostrado na Figura 14, é feita a modelagem e análise de uma edificação de referência virtual, através de *softwares*, onde os resultados de conforto térmico e de iluminação são comparados com o desempenho de um projeto de uma edificação real, a fim de que haja comparação entre ambas para que a edificação real possa então ser etiquetada. Caso a modelagem da edificação real apresente análise de consumo de energia menor que a modelagem da edificação de referência virtual, tal edificação real estará apta a ser etiquetada com o mesmo nível que a edificação de referência virtual. Caso contrário, não.

Figura 14 - Método de simulação.



Fonte: LABEEE, 2017.

Quando ocorre a consideração da ventilação natural como fator influenciador no conforto térmico, o método de simulação torna-se imperativo frente ao prescritivo.

O método de simulação permite a análise de eficiência energética e conforto térmico em edificações com arquitetura arrojada, que foge aos padrões mais utilizados. Tal metodologia permite a avaliação, por exemplo, das influências na umidade, artificialmente projetada, no conforto térmico dos usuários, o que não ocorre com o método prescritivo.

### 2.2.5 Comparação entre os métodos e metodologia de cálculo

Na Figura 15 segue comparação esquemática entre os métodos supracitados:

Figura 15 - Comparação esquemática entre os métodos prescritivo e de simulação.

Gráfico 1 | Método prescritivo

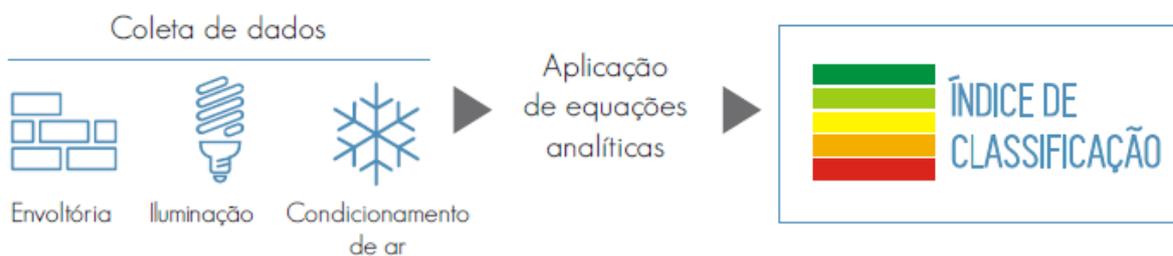
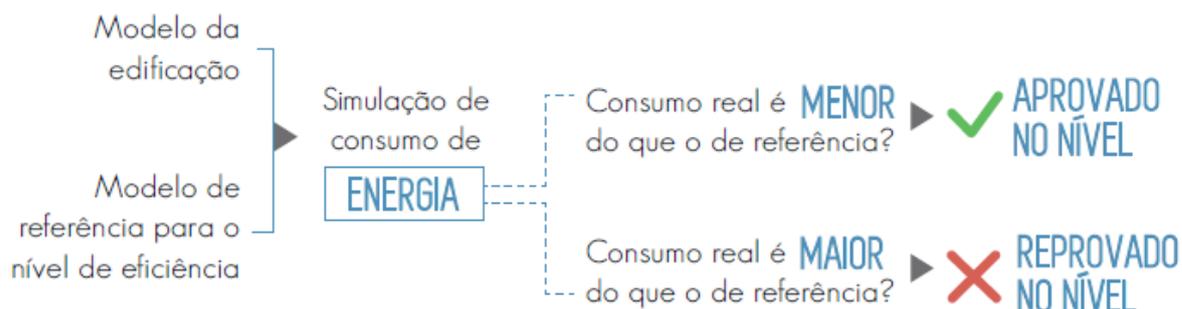


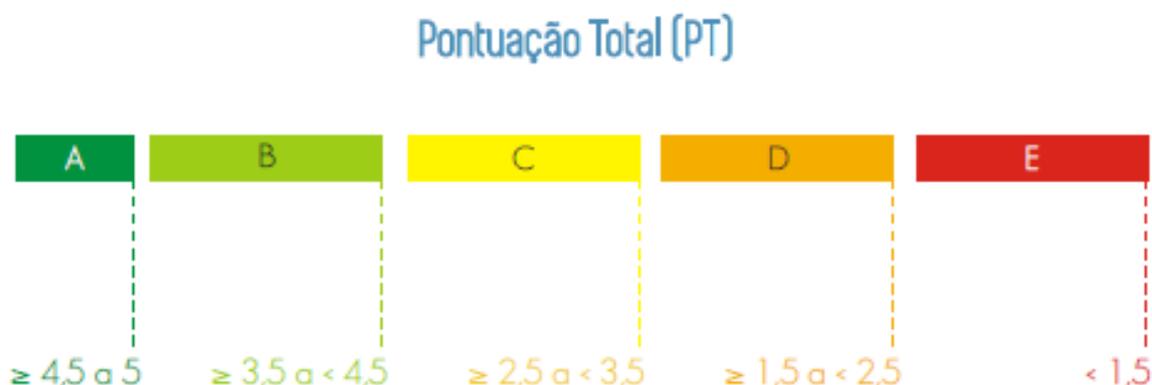
Gráfico 2 | Método de simulação



Fonte: LABEEE, 2017.

A classificação geral do nível de eficiência da edificação leva em conta os dados fornecidos pelo construtor/ incorporador e os gerados durante a inspeção do OIA, sempre em função do Regulamento Técnico (RTQ-C, 2010). Uma pontuação total (PT), calculada a partir de dados da construção, permite definir o nível da etiqueta (CINTRA, 2016), conforme Figura 16.

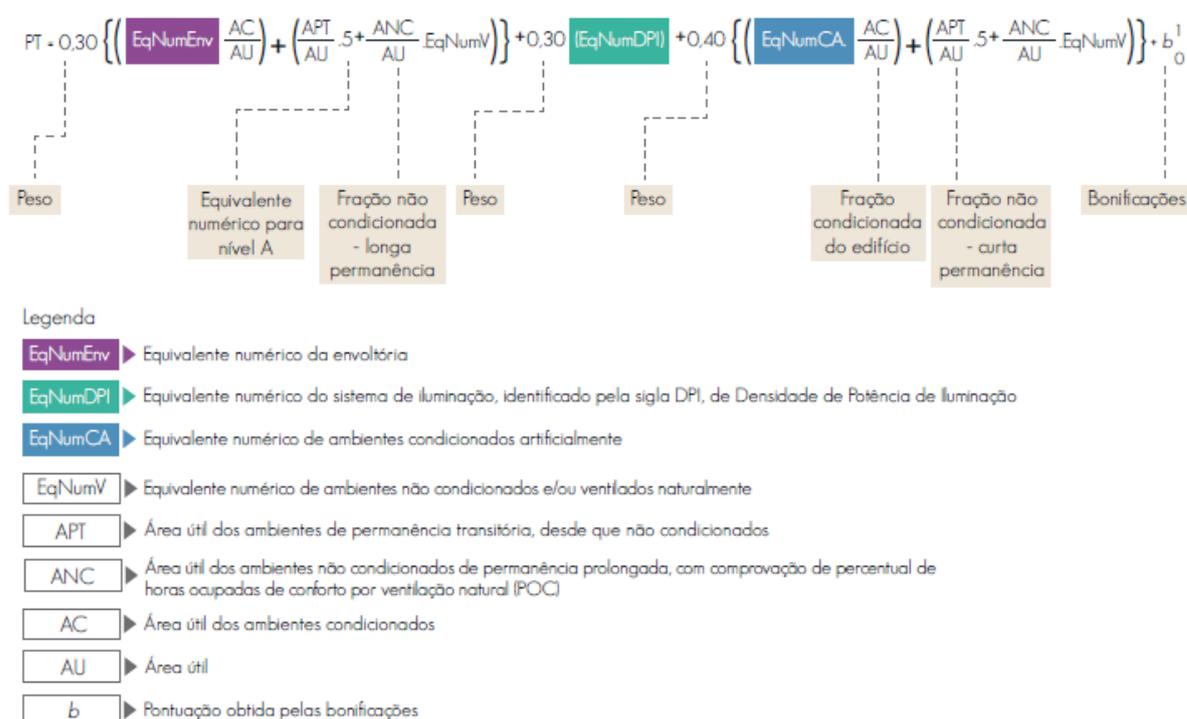
Figura 16 - Cálculo da pontuação total.



Fonte: CINTRA, 2016.

O cálculo da PT é realizado por meio de uma equação que atribui pesos aos sistemas de envoltória, iluminação e condicionamento do ar, conforme Figura 17. Se o projeto ou a edificação construída possuir itens de bonificação, como um sistema de geração de energia solar fotovoltaica, a pontuação pode ser acrescida em até 1 ponto (CINTRA, 2016).

Figura 17 - Fórmula para cálculo do nível de eficiência energética da edificação.



10

Fonte: CINTRA, 2016.

Nota-se que a fórmula matemática trata de ponderar cada um dos requisitos em função das características das áreas úteis totais, dos ambientes condicionados e dos locais de passagem e de permanência (CINTRA, 2016).

Um exemplo ajuda a compreender melhor como os cálculos são feitos. Imagine um edifício empresarial que possui metade da sua área útil com sistema de condicionamento de ar; outros 45% do seu espaço com ventilação natural e condições de conforto comprovadas em 75% do tempo; e os 5% de área restantes sendo de ambientes de permanência transitória. Ele foi classificado da seguinte maneira: etiquetas parciais de envoltória A (pontuação 5); iluminação B (4,32); e condicionamento de ar A (4,75). O edifício não apresenta nenhum sistema ou inovação que gere pontos de bonificação. Aplicando a equação acima, obtém-se a classificação B (CINTRA, 2016), conforme Figura 18:

Figura 18 - Exemplo de cálculo de nível de eficiência energética de uma edificação.

$$PT = 0,30 \times ((5 \times 0,50) + (0,05 \times 5) + (0,45 \times 4)) + (0,30 \times 4,32) + 0,40 \times ((4,75 \times 0,50) + (0,05 \times 5) + (0,45 \times 4)) + 0 = 4,43$$

ENVOLTÓRIA

ILUMINAÇÃO

CONDICIONAMENTO DE AR

3,5 < 4,43 < 4,5  
CLASSIFICAÇÃO **B**

Fonte: CINTRA, 2016.

### 2.3 O SISTEMA DE OBRAS MILITARES

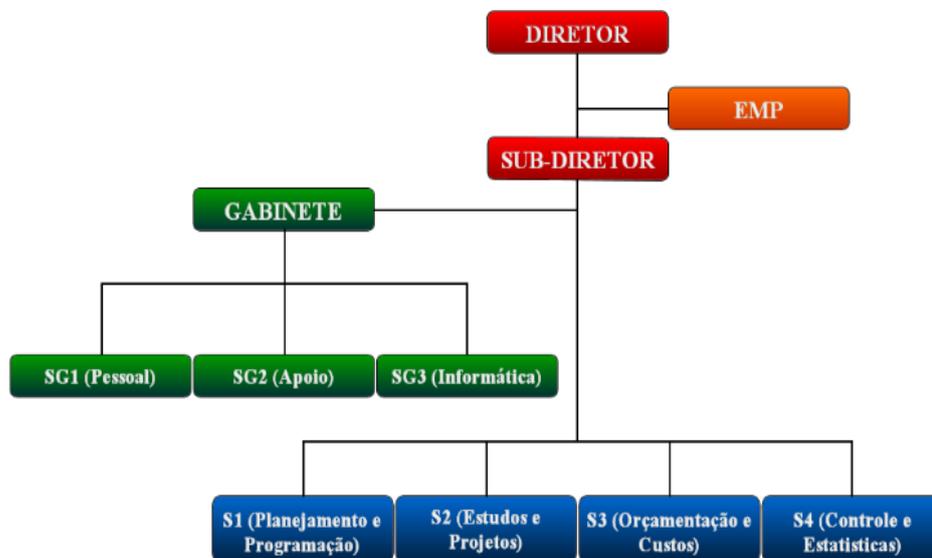
As obras militares são executadas com o objetivo de ampliar, reformar, readequar e construir edificações militares, assim como seus serviços de infraestrutura necessários.

A edificação militar que foi objeto de estudo neste trabalho, possui seu projeto executivo sendo realizado pela equipe técnica da CO/3º Gpt E (Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia).

A CO/3º Gpt E está vinculada tecnicamente à Diretoria de Obras Militares (DOM) e subordinada ao 3º Grupamento de Engenharia (3º Gpt E). A CO/3º Gpt E é responsável pela execução e fiscalização das obras militares dentro da área de gestão da 9ª Região Militar (9ª RM), que compreende as áreas dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A DOM é o órgão de apoio técnico-normativo do Departamento de Engenharia e Construção (DEC), incumbido de superintender, no âmbito do Exército, as atividades de construção, ampliação, reforma, adaptação, reparação, restauração, conservação, demolição e remoção de instalações, relacionadas a obras militares, e de controlar o material de sua gestão (BRASIL, 2017). A DOM possui o seguinte organograma, conforme a Figura 19:

Figura 19 - Organograma da Diretoria de Obras Militares.



Legenda:

EMP - Estado-Maior Pessoal

SG1 - Seção de Pessoal e Expediente

SG2 - Seção de Apoio

SG3 - Seção de Informática

S1 - 1ª Seção – Planejamento e Programação

S2 - 2ª Seção – Estudos e Projetos

S3 - 3ª Seção – Orçamentação e Custos

S4 - 4ª Seção – Controle e Estatísticas

Fonte: BRASIL, 2017.

As edificações militares estão inseridas em áreas pertencentes à União, jurisdicionadas ao Exército, onde tais edificações são planejadas e construídas à luz do Plano Diretor de Organizações Militares (PDOM).

O PDOM é o documento que contém a descrição, a planta de situação, a indicação do estágio de construção, a relação das obras a realizar, as prioridades, os custos, tudo referente a um conjunto – quartelamento, vila residencial ou outra qualquer edificação (BRASIL, 2017).

Para a atualização e/ou elaboração dos respectivos PDOM, as OM devem seguir as prescrições contidas nos seguintes documentos (BRASIL, 2017):

a) Normas para Elaboração e Apresentação dos Planos Diretores (Port nº 005-DEC, de 23 Jul 80);

b) Instruções Gerais para o Planejamento e Execução de Obras Militares do Ministério do Exército–IG 50-03;

c) Normas Complementares para Elaboração de Plano Diretor de Organizações militares (NOR 206-01-92);

d) Instruções Reguladoras para Demolições de Benfeitorias – IR 50-06 (Port 3-DEC, de 08 Ago 83).

Essas normas internas não possuem as considerações pertinentes à implementação da eficiência energética nas edificações militares, mesmo porque tais normas foram publicadas antes da legislação vigente sobre o assunto.

A S2 é a seção da DOM responsável pela elaboração de estudos e projetos de obras militares para todo o Exército. Tal seção avalia os projetos, orçamentos, memoriais descritivos, termos aditivos, dentre outras documentações, das obras militares, sendo a seção que analisará futuramente os projetos executivos quanto à sua eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade.

### **2.3.1 Características das obras militares**

As obras militares possuem características que as distinguem das obras civis devido à missão peculiar dos militares. Há uma importante especificidade ao lidar com obras militares, que se refere à segurança da informação que lhes é inerente.

Torna-se importante o cuidado com o manuseio dos dados a serem inseridos ou geridos nos projetos, principalmente por se tratar de obras com destinações sensíveis, como reservas de armamentos e de materiais diversos de emprego militar, paióis de munição e ambientes de salvaguarda de documentos sigilosos. Assim, no procedimento de projeto, devem ser incluídas salvaguardas de segurança digitais e documentais, de modo a permitir uma proteção das informações que se refiram a dados sigilosos.

O caráter bélico das edificações altera a abordagem técnica que deve ser dada ao projeto e à própria obra. Importante frisar que, devido à fatores de sigilo que permeiam assuntos militares, serão disponibilizadas apenas informações de domínio público. Assim, nem todas as características técnicas de tais tipos de obras poderão ser abordadas nesse trabalho, como as seguintes:

- Camuflagem, conforme a região do país;
- Localização estratégica para entrada e saída de equipamentos, de viaturas e de pessoal;

- Blindagem contra choques mecânicos, disparos de armas de fogo, de artilharia, de cavalaria e de morteiros;
- Blindagem e sistemas de proteção contra ataque aéreo e naval;
- Blindagem eletromagnética, dentre outros.

Estes e outros princípios devem ser obedecidos por ocasião da concepção de todos os projetos que regem a construção de uma edificação militar.

Como citado na introdução, a atual arquitetura da maioria das edificações militares sofreu poucas mudanças em relação às arquiteturas das antigas edificações, salvo raras exceções, como a do Pavilhão Comando do 5º Regimento de Carros de Combate, em Rio Negro, Paraná.

Tal uniformização de arquiteturas faz parte da disciplina militar e é apoiada pelo Escalão Superior pois gera economia inicial de recursos, uma vez que a licitação para projetos arquitetônicos torna-se única, servindo para diferentes pontos do país (BRASIL, 1980).

Contudo, conforme as premissas necessárias para gerar eficiência energética e conforto ambiental, tal procedimento é inadequado. Isto ocorre devido à não consideração das particularidades técnicas necessárias no projeto arquitetônico em cada ponto do país, que possui dimensões continentais e diferentes condições climáticas.

Tal uniformização de arquiteturas poderia gerar conforto térmico para determinada região do país e desconforto para outra região. Neste contexto, ainda existe a uniformização do fardamento utilizado e a presença de militares de diferentes partes do país na mesma edificação, o que aumenta a complexidade na obtenção do conforto térmico.

Importante salientar que, a temperatura e umidade de conforto térmico para o militar nascido na Região Sul do país, pode não ter similaridade com o conforto térmico considerado pelo militar nascido na Região Norte. O mesmo raciocínio vale para as demais regiões do país.

Na maior parte dos casos, tais militares são constituídos pela menor parte do efetivo de uma edificação militar, onde a maior parte do efetivo é de cabos e soldados, normalmente oriundos da região onde está implementada a edificação militar.

### **2.3.2 Últimos resultados obtidos no âmbito militar**

Dentro das Diretrizes do Diretor da DOM para o Biênio 2016/2017, existe orientação no sentido de que sejam utilizadas técnicas de projeto que visem à redução do consumo de

energia elétrica, ao mesmo tempo que se configurem aumento da sustentabilidade nas obras militares, atendendo às legislações citadas no item 3.1 do presente trabalho.

Também no ano de 2016, foi emitido parecer preliminar favorável da DOM, com relação ao uso de *boilers* para aquecimento de água e da implementação de *steel frame* como alternativa construtiva, com menor geração de resíduos nas obras militares (Parecer Técnico 2016RT00010, de 09 de agosto de 2016).

A seguir serão descritos alguns avanços técnicos e premiações que destacam a implementação da eficiência energética em obras militares recentemente:

### ***2.3.2.1 Conquista do Selo Verde Ecolmeia Categoria Ouro pelo Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS)***

A empresa Ecolmeia lançou o Selo Verde® criando uma ferramenta para avaliação dos impactos gerados no meio ambiente, independentemente do tamanho ou segmento a que pertençam (OSCIP,2017). A empresa Ecolmeia pertence às Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIP).

A DOM recebeu o Selo Verde Ecolmeia Categoria Ouro pela implementação do Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS) em 2012, devido à redução significativa dos impactos ambientais oriundos da fiscalização e gestão de obras militares, em todo o território nacional.

A DOM deu início ao OPUS em 2006, onde tal sistema entrou em execução a partir de 2008 (BRASIL, 2017). O *software* foi desenvolvido para atender e controlar a demanda de obras executadas pelo Exército Brasileiro. As informações disponibilizadas pelo sistema OPUS compreendem as representações espaciais de imóveis, parcelas, benfeitorias, curvas de nível, nascentes, curso da água, Áreas de Proteção Permanente (APP), lagos e outras informações relativas às OM (BRASIL, 2017).

Antes da existência do OPUS, os recursos que eram empregados para a Gestão de Obras Militares como celulose, energia, combustíveis e equipamentos eram significativos e foram reduzidos gradativamente, no decorrer da implantação do sistema. As solicitações de obras das organizações militares para a DOM, que antes eram realizadas por meio de ofícios, fax, que envolviam transporte, correios e meio similares, atualmente são realizados por meio digital, o que reduz, significativamente, parte do material utilizado (BRASIL, 2017).

Em suma, todo papel consumido para emissão de ofícios, plantas, planos diretores e memoriais descritivos, bem como o tempo gasto na produção da informação, foram eliminados e outros drasticamente reduzidos pelo sistema OPUS (BRASIL, 2017).

A certificação Selo Verde demonstra que o uso de tecnologias e sistema de informação, tais como os utilizados no OPUS, permitem imediata redução dos impactos ambientais. A iniciativa adotada pela DOM é um exemplo a ser incorporado na gestão ambiental, no âmbito do Exército Brasileiro e nas demais instituições públicas, que se preocupam com as questões socioambientais (BRASIL, 2017).

### 2.3.2.2 Aprovação do Programa de Sustentabilidade no Sistema de Obras Militares do Exército

A DOM é responsável pelo planejamento, coordenação e fiscalização de todas as obras militares do Exército Brasileiro. Tal Diretoria, aprovou, no ano de 2016, o planejamento para os próximos projetos do Exército, conforme Figura 20:

Figura 20 - Planejamento de longo prazo do Exército para implementação da EE e Sustentabilidade nas obras militares.



Fonte: BRASIL, 2017.

Tal planejamento possui projetos (fases de implementação – *check points*) a serem implementados no Exército tanto em nível estratégico (projetos 2, 3, 5, 7 e 9) quanto nos níveis tático e operacional (1, 4, 6 e 8).

Segue detalhamento de cada projeto:

Projeto 1 – Busca pelo atendimento pleno das condicionantes para obtenção da etiqueta nível “A” em eficiência energética;

Projeto 2 – Execução de normativas internas de orientação para a equipe técnica do Exército, que buscarão a implementação da eficiência energética, sustentabilidade e conforto térmico nas edificações militares, considerando as diferentes Zonas Bioclimáticas do Brasil;

Projeto 3 – Publicação de normativas técnicas internas do Exército que visam uniformizar procedimentos para execução de projetos energeticamente eficientes para todas as Comissões Regionais de Obras (CRO);

Projeto 4 – Seleção dos melhores projetos com relação ao custo-benefício conforme a Zona Bioclimática da OM;

Projeto 5 – Realização de capacitação da equipe técnica do Exército e dos gestores, a fim de facilitar sua completa implementação e fiscalização;

Projeto 6 – Execução de editais, especificações técnicas e planilhas analíticas de orçamentos que permitam a implementação de eficiência energética, sustentabilidade e conforto térmico em edificações militares;

Projeto 7 – Realização dos trâmites administrativos e técnicos necessários e suficientes junto ao INMETRO para que o Exército torne-se um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), para que o mesmo possa realizar a etiquetagem de suas edificações;

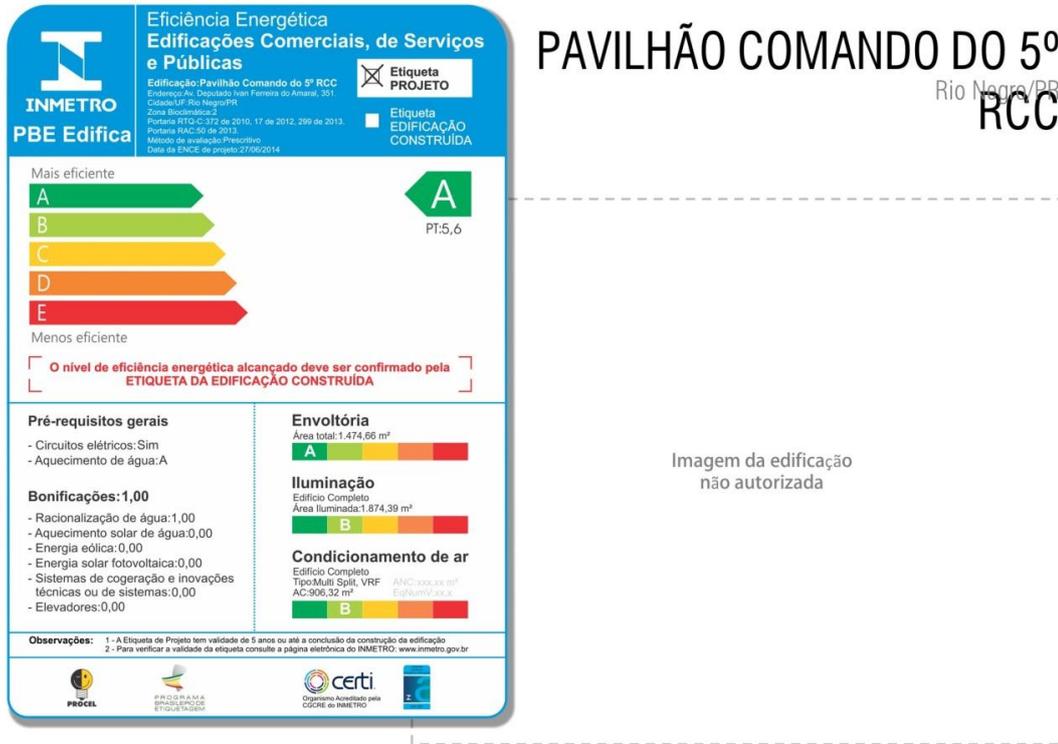
Projeto 8 – Escolha dos projetos-tipo eficientes energeticamente conforme cada Zona Bioclimática e atendendo as especificidades de cada OM;

Projeto 9 – Publicação da legislação do Exército relativa à implementação da eficiência energética, sustentabilidade e conforto térmico nas edificações militares.

### ***2.3.2.3 Obtenção da Etiqueta do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica) com nível “A” no Pavilhão Comando do 5º Regimento de Carros de Combate (5º RCC)***

O Exército já possui sua primeira edificação etiquetada nível “A” no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica), tanto no projeto quanto na edificação pronta, conforme Figuras 21 e 22:

Figura 21 - Detalhe da etiqueta de projeto.



Fonte: BRASIL, 2014.

Figura 22 - Detalhe da etiqueta de edificação construída.



Fonte: BRASIL, 2014.

## **2.4 PROPOSTAS DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS SUSTENTÁVEIS E ENERGETICAMENTE EFICIENTES PARA USO EM EDIFICAÇÕES MILITARES**

A seguir, serão apresentadas propostas de materiais e equipamentos sustentáveis para uso em edificações militares.

### **2.4.1 Steel Frame**

O Exército aprovou em 2016, para suas construções comuns, a metodologia construtiva em *steel frame* em substituição parcial à construção convencional adotada na maioria das OM (construções com vigas, pilares e lajes em concreto armado, além da alvenaria comum).

Vale ressaltar que tal implementação deverá ser submetida à análise da DOM para verificação de sua compatibilidade com a natureza da OM, assim como conseqüências para a segurança, durabilidade, logística da região do país, etc.

A metodologia consiste no uso de perfis metálicos, lâ de rocha ou de vidro e placas de *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientadas - OSB), que nada mais são do que painéis de madeira em tiras orientadas. Tais orientações não são alinhadas, aumentando a resistência mecânica dos painéis, somadas ao uso de placas cimentícias (no caso de paredes externas) ou placas de gesso acartonado (no caso de paredes internas).

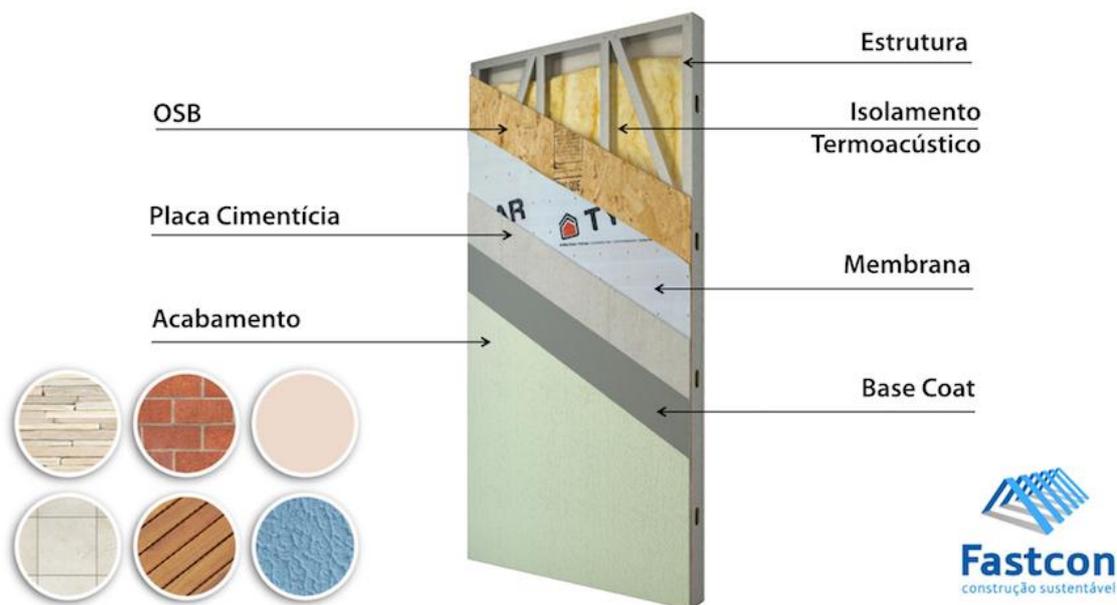
Este tipo de construção é conhecida como construção seca, onde a quantidade de resíduos gerados durante a construção é menor que na construção convencional. O cronograma da obra é diminuído, devido ao uso de mão-de-obra qualificada e insumos dimensionados para cada ambiente do projeto da edificação. O controle de qualidade dos insumos na metodologia em *steel frame* é sobremaneira maior que o controle de qualidade dos insumos na construção convencional, o que traz maior confiabilidade neste tipo de obra (GOUVÊA, 2015).

A seguir, serão descritas as estruturas típicas para construção em *steel frame* (GOUVÊA, 2015):

#### **2.4.1.1 Parede externa em steel frame**

Na Figura 23 está demonstrado o detalhamento para paredes externas na metodologia construtiva em *steel frame*:

Figura 23 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em *steel frame* utilizada nas paredes externas.



Fonte: GOUVÊA, 2015.

**Estrutura** – A estrutura é composta de aço galvanizado que recebe um tratamento anticorrosivo especial, que lhe confere vida útil superior a 300 anos.

**OSB** – A placa de *Oriented Strand Board* (OSB) é um painel constituído de tiras prensadas de madeira reflorestada, o que aumenta sua resistência mecânica em relação a uma chapa de madeira comum. É usada como contraventamento da estrutura de aço. As construções de *steel frame* oferecem grande resistência a terremotos, tempestades e tufões, e boa parte dessa resistência é garantida pelo OSB.

**Membrana** – Toda a estrutura externa é revestida com uma membrana especial – a barreira de vapor. Essa membrana impede a entrada de umidade, mas permite a transpiração da edificação. Assim, os problemas com mofo e infiltrações são evitados. A partir da membrana, existem diversos materiais e tecnologias que podem ser empregados para o revestimento das paredes externas. Mas, como a placa cimentícia é o revestimento mais comumente utilizado devido à sua semelhança com o reboco, foi a ilustração empregada.

**Placa cimentícia** – Essa placa é composta por uma massa de cimento reforçada com fibra de vidro, resultando em chapas com grande planicidade e estabilidade dimensional.

*Base coat* – As placas cimentícias recebem um acabamento especial chamado *base coat*, onde tal acabamento nada mais é do que uma massa aplicada em toda a extensão da parede, responsável por sua impermeabilização e seu aspecto monolítico.

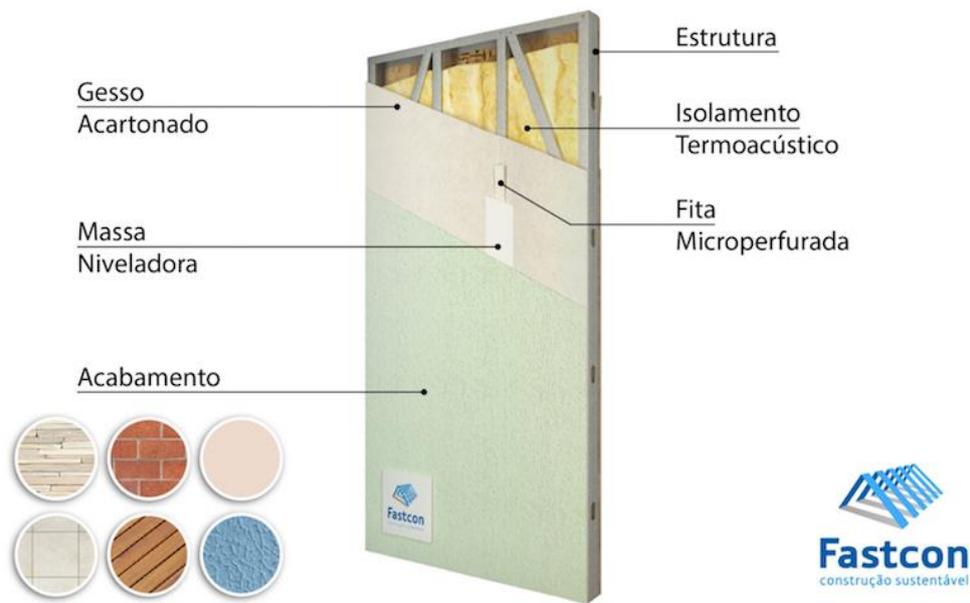
Revestimento – A partir do *base coat*, a parede é tratada de forma convencional. Pode receber pintura, textura ou qualquer outro tipo de revestimento, tal como pedras, porcelanato ou madeira.

Lã de vidro – Entre as faces da parede, é utilizado lã de vidro ou lã de PET como isolante, o que garante alto desempenho termoacústico.

#### 2.4.1.2 Parede interna em steel frame

Na Figura 24 está demonstrado o detalhamento para paredes internas na metodologia construtiva em *steel frame*:

Figura 24 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em *steel frame* utilizada nas paredes internas.



Fonte: GOUVÊA, 2015.

A parede interna é muito semelhante à externa. Porém, é revestida de *drywall* (material utilizado na construção civil nos Estados Unidos há mais de 100 anos) (GOUVÊA, 2015).

Para eliminar as emendas no encontro das placas de *drywall*, é utilizada uma fita microperfurada com massa niveladora, especialmente desenvolvida para esse fim, o que

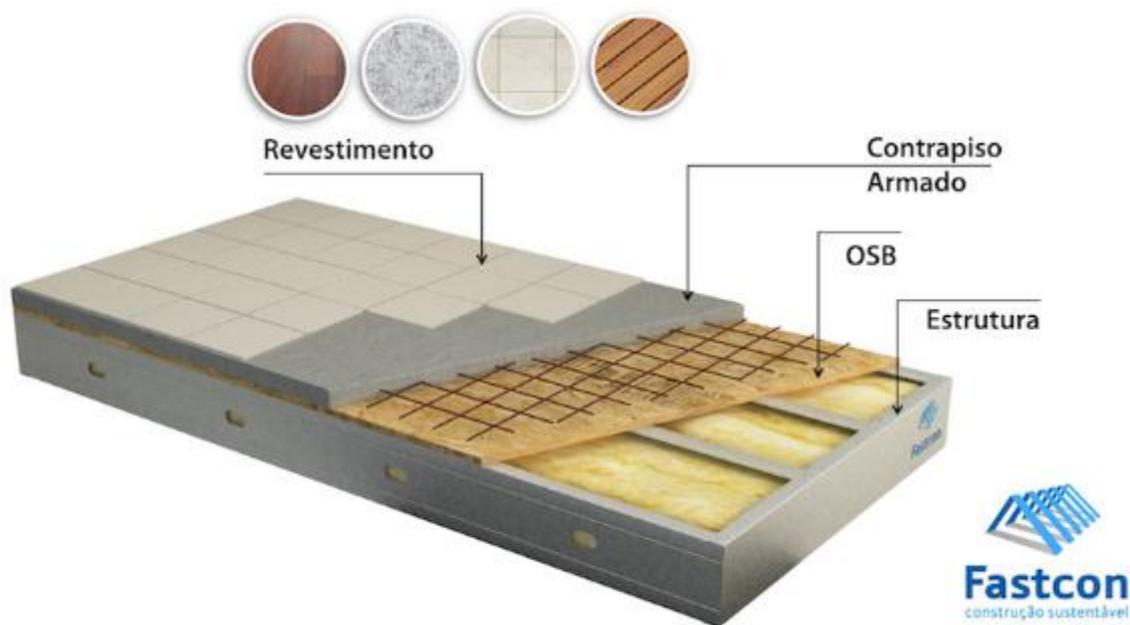
garante uma parede totalmente plana e sem fissuras a longo prazo, sendo chamado de tratamento de juntas (GOUVÊA, 2015).

Depois do tratamento de juntas, a parede pode receber pintura, textura ou qualquer outro tipo de revestimento, tal como pedras, porcelanato ou madeira (GOUVÊA, 2015).

#### 2.4.1.3 Lajes em steel frame

Na Figura 25 está demonstrado o detalhamento para lajes na metodologia construtiva em *Steel Frame*:

Figura 25 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em *steel frame* utilizada nas lajes.



Fonte: GOUVÊA, 2015.

Para a construção das lajes, é seguido o mesmo princípio das paredes: uma estrutura metálica leve, revestida com placas de OSB, que recebe um contrapiso armado e o respectivo acabamento (GOUVÊA, 2015).

A lã de vidro na laje também cumpre papel extremamente importante, impedido que barulhos gerados no andar superior causem desconforto no andar inferior (GOUVÊA, 2015).

#### 2.4.1.4 Coberturas em steel frame

Na Figura 26 está demonstrado o detalhamento para coberturas na metodologia construtiva em *Steel Frame*:

Figura 26 - Foto mostrando a estrutura em *steel frame* utilizada nas coberturas.



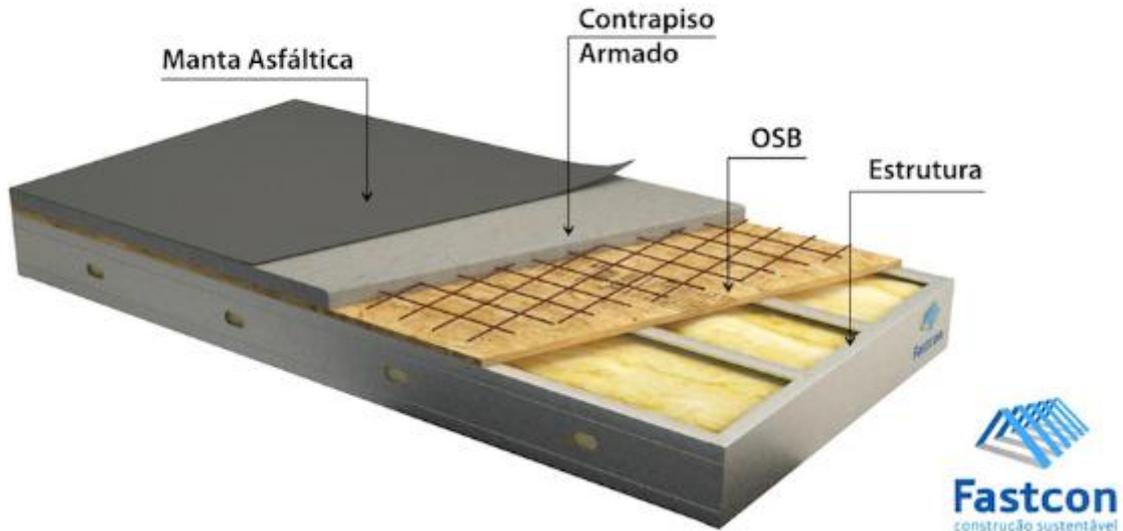
Fonte: GOUVÊA, 2015.

Essa estrutura metálica é galvanizada, possuindo leveza, resistência estrutural e resistência a cupins e outros parasitas, além de vencer grandes vãos com facilidade e possibilitar o uso de diferentes tipos de telhas presentes no mercado (GOUVÊA, 2015).

#### 2.4.1.5 Lajes impermeabilizadas em steel frame (laje mista)

Na Figura 27 está demonstrado o detalhamento para lajes impermeabilizadas mistas na metodologia construtiva em *steel frame*:

Figura 27 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em *steel frame* utilizada nas lajes impermeabilizadas mistas.



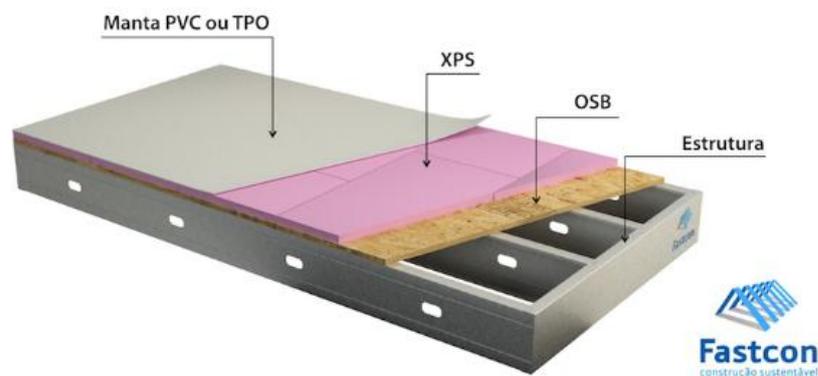
Fonte: GOUVÊA, 2015.

Utiliza o mesmo sistema descrito no item laje, com a aplicação de manta asfáltica para a impermeabilização (GOUVÊA, 2015).

#### 2.4.1.6 Lajes impermeabilizadas em *steel frame* (laje seca)

Na Figura 28 está demonstrado o detalhamento para lajes impermeabilizadas secas na metodologia construtiva em *steel frame*:

Figura 28 - Desenho esquemático mostrando a estrutura em *steel frame* utilizada nas lajes impermeabilizadas secas.



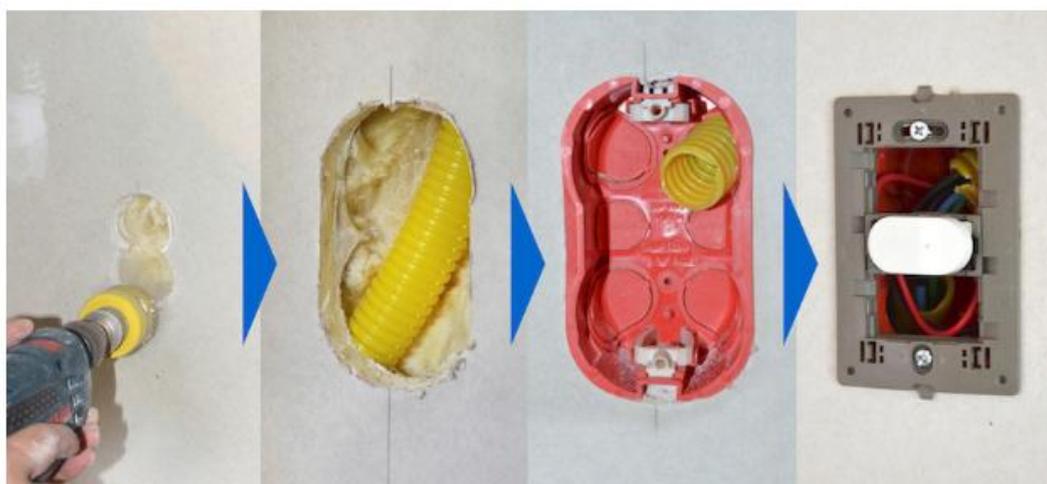
Fonte: GOUVÊA, 2015.

Nesse tipo de laje, o contrapiso é substituído por uma camada de XPS (um polímero super resistente com alto índice de isolamento térmico), recebendo impermeabilização com manta de PVC ou TPO (GOUVÊA, 2015).

#### ***2.4.1.7 Instalações elétricas em edificações realizadas em steel frame***

Na Figura 29 está demonstrado o detalhamento para instalações elétricas na metodologia construtiva em *steel frame*:

Figura 29 - Foto mostrando as instalações elétricas em estrutura em *steel frame*.



Fonte: GOUVÊA, 2015.

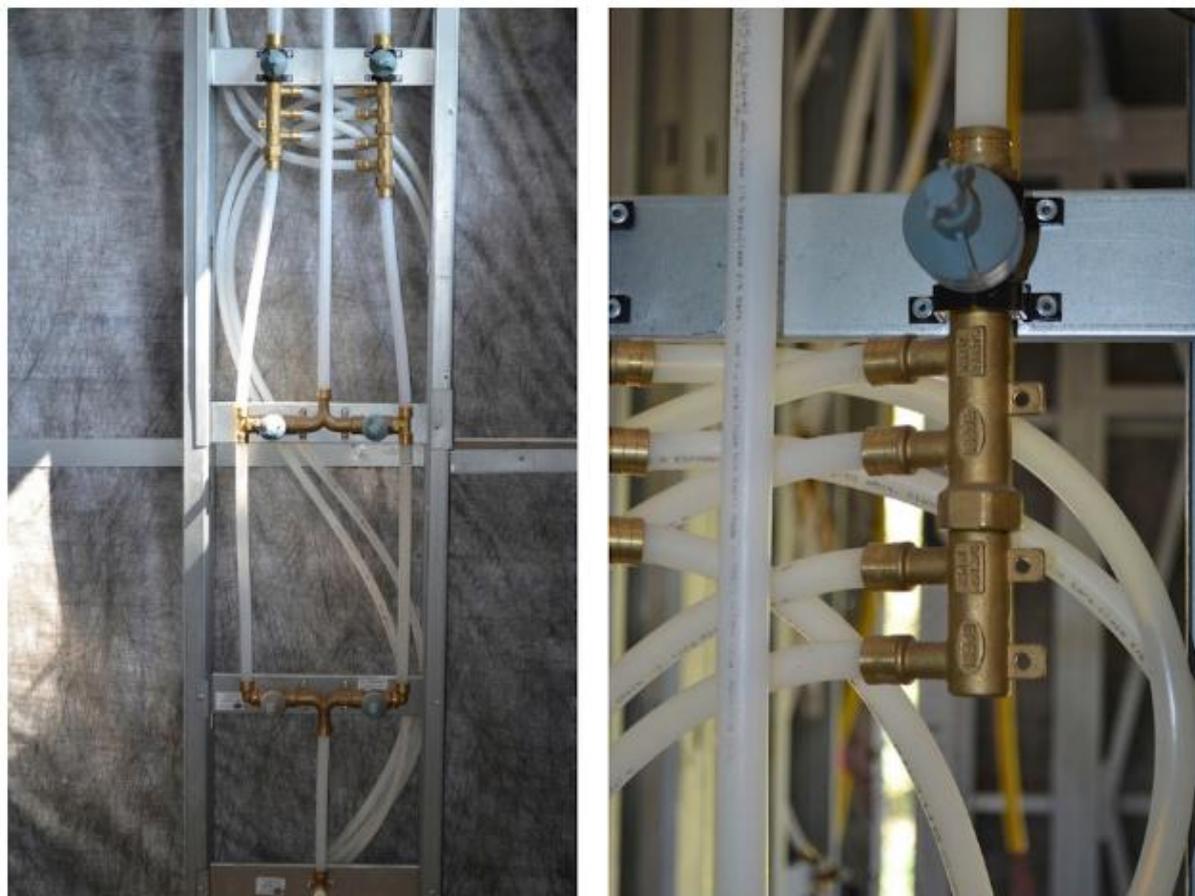
Não há diferença nos materiais e no sistema utilizado nas instalações elétricas em uma construção convencional e no *steel frame*. Utilizam-se os mesmos quadros de distribuição, mangueiras condutoras, caixas de passagem e cabos condutores (GOUVÊA, 2015).

Porém, há uma vantagem significativa: não é necessário quebrar a parede para passar as instalações. Tudo é feito antes do fechamento de *drywall*, economizando tempo, material e mão de obra (GOUVÊA, 2015).

#### ***2.4.1.8 Detalhes para instalações hidráulicas em edificações realizadas em steel frame***

Na Figura 30 está demonstrado o detalhamento para instalações hidráulicas na metodologia construtiva em *steel frame*:

Figura 30 - Foto mostrando as instalações elétricas em estrutura em *steel frame*.



Fonte: GOUVÊA, 2015.

O sistema de instalação hidráulica é bem diferente do sistema utilizado em edificações convencionais, pois são utilizados tubos de polietileno reticulado (PEX), tanto para as instalações de água fria, quanto para as de água quente (GOUVÊA, 2015).

As conexões e os distribuidores são de bronze, o que garante vida útil prolongada, livre de corrosões e entupimentos, além de resistência a temperaturas superiores a 100°C (GOUVÊA, 2015).

As mangueiras PEX são flexíveis, e possuem a vantagem de percorrer do ponto de distribuição até o ponto de consumo sem emendas (GOUVÊA, 2015). Por isso, o número de conexões é bem reduzido, o que evita vazamentos, queda de pressão, e triplica a produtividade de instalação (GOUVÊA, 2015).

Os quadros de distribuição são pré-montados e testados na fábrica, garantindo agilidade no canteiro de obra, diminuindo problemas com vazamentos e retrabalho (GOUVÊA, 2015).

Na Figura 31 está demonstrada a estrutura de uma edificação com construção em metodologia *steel frame*:

Figura 31 - Exemplo de obra realizada em *steel frame*.



Fonte: ALLMAS®, 2016.

#### 2.4.2 Vidros especiais

As aberturas das edificações (janelas, portas, passagens, etc) são as principais responsáveis pelas cargas térmicas de uma edificação, conforme Tabela 05 (LAMBERTS *apud* SUDBRACK *et al*, 2017).

Tabela 5 - Contribuição de cada elemento do projeto na carga térmica.

ELEMENTO	CONTRIBUIÇÃO DE CALOR
Parede Externa	9%
Abertura	63%
Ocupantes	7%
Iluminação Artificial	10%
Equipamentos	7%
Infiltração	4%

Fonte: LAMBERTS (*apud* SUDBRACK *et al*, 2017).

Os vidros comumente adotados nas atuais edificações militares são os vidros simples lisos (*float*), por possuírem o menor custo. Tais tipos de vidros, porém, não possuem propriedades que geram eficiência energética.

Para SUDBRACK *et al* (2014), na comparação de 24 tipos diferentes de vidros, os que obtiveram melhores resultados com relação à eficiência energética foram os refletivos e os duplos, que obtiveram os menores valores para fatores solares.

Existem diversos tipos de vidros, com diferentes finalidades. Para que não haja distanciamento do foco do presente trabalho, foi citado apenas o resultado do estudo do estado da arte por parte destes autores. Desta forma, após estudo sobre parâmetros como fator solar, resistência, transmitância, refletância, absorvância e emissividade, além de considerar as especificidades de uma edificação militar, o vidro temperado refletivo verde apresenta-se como a melhor opção para edificações militares do Exército, principalmente devido ao seu fator solar e à sua disponibilidade no mercado.

Dados da Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos (ABRAVIDRO, 2017) mostram que existem outros tipos de vidros em desenvolvimento, como os vidros *low emissivity* (low-e), que possuem como principal característica sua baixa emissividade. Ou seja, transmitem boa taxa de luminosidade com baixa taxa de transferência de calor por condução térmica).

O fator solar é entendido como a razão entre o ganho de calor que entra no ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nessa mesma abertura (BRASIL, 2010).

Desta forma, surge como raciocínio lógico o sombreamento de toda a edificação, como alternativa de menor custo para a eficiência energética seja atingida, mesmo sem o uso de vidros eficientes energeticamente. Porém, CARLO e LAMBERTS (2008) alertam para o cuidado de não aumentar a área sombreada de forma excessiva, onde a consequência pode ser diminuição da eficiência energética da edificação.

Ou seja, deve ser estudado caso a caso, conforme a Zona Bioclimática da OM, qual é a taxa de sombreamento da edificação, a fim de ser obtido o nível ótimo de eficiência energética, com a maior contribuição possível do vidro utilizado nas esquadrias.

A seguir é apresentado a Figura 32 que ilustra o uso de vidro temperado refletivo:

Figura 32 - Exemplo de uso de vidro refletivo temperado.



Fonte: BLINDEX, 2017.

Tais vidros possuem a capacidade de absorver até 80% do calor que seria direcionado ao interior da edificação (BLINDEX, 2017), possuindo também segurança ao usuário, uma vez que, caso tal vidro seja quebrado por qualquer motivo, o mesmo é partido em pequenos pedaços arredondados.

### 2.4.3 Telhas galvanizadas com poliuretano

Atualmente as telhas cerâmicas do tipo portuguesas, francesas e romanas são as mais utilizadas em edificações militares. Tais tipos de telhas são as mais baratas, porém não são as mais eficientes energeticamente.

O uso de coberturas com uso de telhas metálicas galvanizadas com poliuretano, conhecidas no mercado como telhas tipo “sanduíche”, foi fomentado nas obras militares sob responsabilidade da CO/3º Gpt E ao longo dos anos de 2015 e 2016, conforme Figura 33. O objetivo é criar ambientes internos nas edificações militares com maior conforto térmico e menor consumo de energia elétrica. Tal medida deverá trazer menores consumos de energia elétrica nas OM, diminuindo os custos de administração.

Quando empregadas em conjunto com materiais isolantes, as telhas metálicas podem formar conjuntos termoacústicos, reduzindo a passagem de calor e ruído para o ambiente interno (REVISTA AU, 2011). Para esses casos, o arquiteto tem à disposição uma série de materiais, como o poliuretano, poliestireno e lã de rocha (REVISTA AU, 2011).

Um dos sistemas mais utilizados é o das telhas térmicas que empregam chapas de aço galvanizado ou de alumínio recheadas com poliuretano, produzidas em linha contínua (REVISTA AU, 2011). Por serem mais densas tendem a ser mais rígidas que as telhas simples

(REVISTA AU, 2011). Mas isso não significa que a telha térmica não possa ser utilizada em coberturas em arco (REVISTA AU, 2011). Geralmente os sistemas disponíveis com face de alumínio ou aço galvanizado e com recheio de poliuretano suportam raio de curvatura acima de 40 metros, segundo os fabricantes (REVISTA AU, 2011).

Figura 33 - Telha metálica galvanizada com poliuretano. Telha tipo “sanduíche”.



Fonte: TELHAFORTE, 2016.

Tal tipo de cobertura também possui baixa densidade, não absorvendo água pluvial, o que diminui as cargas sobre as fundações e deixam a estrutura da cobertura menos onerosa. A presença da camada de poliuretano diminui os ruídos durante as chuvas, contribuindo para o conforto acústico da edificação.

A demanda cada vez maior deste tipo de cobertura tem tornado seu custo mais competitivo no mercado.

Quando devidamente especificada e executada, a cobertura metálica pode provocar impactos positivos no consumo de energia da edificação, no dimensionamento dos aparelhos de climatização e em outros aspectos ambientais (REVISTA AU, 2011). Segundo estudo realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) é possível obter uma redução do consumo de energia elétrica de 36% a 42% com telhas sanduíche em poliuretano, por exemplo (REVISTA AU, 2011).

A cobertura metálica também pode auxiliar a obtenção de selos de sustentabilidade, como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), por envolverem materiais recicláveis, como o aço e o alumínio, e soluções de montagem racionalizada, sem desperdícios (REVISTA AU, 2011). Além disso, muitos sistemas de cobertura já incorporam sistemas para captação de águas pluviais para reuso (REVISTA AU, 2011).

#### 2.4.4 Sistema para reuso de águas pluviais

A introdução do reuso da água de chuva também foi adotada nos projetos em andamento do Exército em Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, onde a água que antes era desperdiçada para a rede pública, agora será usada na lavagem de viaturas e irrigação de áreas verdes dos quartéis.

A Figura 34 apresenta um exemplo de instalação de tal natureza.

Figura 34 - Modelo de reuso da água de chuva.



Fonte: FORAN, 2016.

As águas servidas são as águas que já foram usadas nas atividades humanas e podem ser classificadas como águas negras e águas cinzas. As águas negras são aquelas provenientes do vaso sanitário e da pia de cozinha, ou seja, águas ricas em matéria orgânica e bactérias com potencial patogênico.

As águas cinzas são aquelas provenientes do chuveiro, banheira, lavatório de banheiro e máquina de lavar roupas. Essas águas são ricas em sabão, sólidos suspensos e matéria orgânica (cabelos, sangue) e podem possuir pequenas quantidades de bactérias. (REVISTA TÉCHNE, 2005).

O Brasil ainda é carente de normas e diretrizes que definam plenamente os conceitos, parâmetros e restrições ao reuso das águas servidas em residências, indústrias e comércio. No entanto, pode-se extrair alguns parâmetros das normas fornecidas pela ABNT (REVISTA TÉCHNE, 2005).

A NBR 13969, no item que trata do reuso local, afirma que: "No caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens". A mesma norma chega a fornecer uma classificação para o reuso baseado na qualidade requerida (REVISTA TÉCNICA, 2005).

#### **2.4.5 Calhas refletivas**

Foi implementado o uso de calhas refletivas nos ambientes internos dos quartéis, onde o ambiente obteve melhor iluminação com lâmpadas de menor potência, gerando economia de energia, devido ao aumento da luminância, sem o aumento da potência instalada.

Em alguns ambientes, foi previsto o rebaixamento de calhas, com o mesmo objetivo supracitado, aumentando a eficiência energética.

A Figura 35 apresenta um exemplo de tal tipo de calha.

Figura 35 - Calhas refletivas.



Fonte: TASCHIBRA, 2017

#### **2.4.6 Blocos intertravados de concreto na pavimentação**

Está sendo previsto em todos os novos projetos, sempre quando tecnicamente viável, o uso de pavimentação com blocos de concreto intertravado, onde tal pavimento diminui o

coeficiente de deflúvio da área pavimentada, diminuindo os impactos ambientais causados pela impermeabilização típica da pavimentação.

Possui alta durabilidade, uma superfície regular e antiderrapante, proporcionando conforto ao usuário, um menor consumo de iluminação pública devido à sua coloração mais clara, uma menor absorção de energia, minimizando o efeito de ilha de calor. Além de a instalação ser fácil, as peças são reaproveitadas em caso de necessidade de manutenção ou intervenção de concessionárias de energia, gás, telefonia, entre outros. Quando necessário, o pavimento intertravado também pode ser projetado para ser permeável, colaborando para que a água superficial retorne ao lençol freático. Para essa função é necessário um projeto específico das camadas de base, que devem ter porosidade em torno de 30% (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2011).

Tais blocos de concreto estão ainda sendo previstos com substituição parcial de agregados naturais por pneus triturados, o que contribui para fornecer uma destinação ambientalmente correta para tal resíduo, conforme Figura 36.

Figura 36 - Pavimentação com blocos intertravados de concreto.



Fonte: RHINO, 2017

#### **2.4.7 Boilers para aquecimento da água**

Estão sendo implementados nos projetos em andamento o uso de *boilers* com tubos à vácuo para aquecimento de água, conforme Figura 37, usado a fim de reduzir os gastos com

energia elétrica e proporcionar a possibilidade de etiquetagem da edificação no nível “A” de eficiência energética.

Figura 37 - Exemplo de boiler com tubos à vácuo.



Fonte: WGSOL, 2017.

A primeira vantagem do aquecimento solar a vácuo é sua eficiência. Os tubos do coletor solar a vácuo chegam a temperaturas muito mais elevadas que outros tipos de aquecimento solar. Se a água no interior dos coletores fica mais quente, isso permite maior eficiência para fornecer água quente mesmo quando o Sol não está tão forte e à mostra (WGSOL, 2017).

Uma segunda vantagem do sistema de aquecimento solar a vácuo é referente à tecnologia utilizada. No sistema de aquecimento solar tradicional, os coletores são isolados, em geral, com ar e lã de vidro. No aquecedor a vácuo esse isolamento é feito, como o próprio nome diz, com vácuo – o que garante um isolamento térmico muito mais eficiente quando comparado aos sistemas tradicionais de aquecimento solar (WGSOL, 2017).

Outra vantagem do aquecimento solar a vácuo é a redução da área coletora justamente devido à eficiência do sistema. Sendo mais eficiente, o aquecedor solar a vácuo irá precisar de um espaço menor para seus coletores e isto é especialmente importante quando se faz o dimensionamento do aquecedor solar para uma residência sem muita área disponível. Geralmente, para telhados pequenos, este é o ponto determinante na hora de escolher qual tipo de sistema de aquecimento solar instalar (WGSOL, 2017).

Outro ponto positivo do aquecedor solar a vácuo, também devido à sua alta eficiência energética, é a necessidade de armazenar um volume menor de água em seu reservatório. Pelo

fato de elevar a temperatura da água a patamares maiores que os sistemas de aquecimento solar tradicionais, pode-se armazenar uma quantidade menor de água mantendo a autonomia do sistema. Por outro lado, com o mesmo tamanho do reservatório, é possível aumentar bastante a capacidade do sistema (WGSOL, 2017).

Em geral, nos sistemas tradicionais de aquecimento solar, os coletores são cobertos por placas de vidro, que quebram com a primeira chuva de granizo ou até mesmo com altas temperaturas (neste último caso, para equipamentos de baixa qualidade. Os tubos dos coletores a vácuo são consideravelmente mais resistentes e podem durar muitos anos sem a menor necessidade de manutenção corretiva (WGSOL, 2017).

É possível citar como um outro ponto positivo, a possibilidade de efetuar trocas pontuais dos tubos. Nos sistemas tradicionais, caso tenha que substituir o vidro de uma placa, terá que trocar todo o vidro ou até mesmo a placa toda. No sistema de aquecimento a vácuo, pode ser feita a troca somente do tubo danificado (WGSOL, 2017).

A seguir será apresentada a metodologia do presente trabalho.

### 3 METODOLOGIA

A fim de que os objetivos fossem atingidos, o presente trabalho foi dividido em 04 (quatro) fases:

1) Verificação do Estado da Arte em EEE militares: a pesquisa por material pertinente ao tema foi realizada através do banco de dados dos Periódicos da CAPES, em livros, jornais, revistas, legislações, normas e pareceres técnicos relacionados à eficiência energética em edificações militares.

Como resultado, houve a produção de um artigo bibliométrico onde foi possível reunir artigos científicos que pudessem trazer contribuições científicas ao presente trabalho.

2) Disseminação de Normativas Técnicas Internas do Exército para EEE: foram fomentados cursos e normativas técnicas internas do Exército a fim de que fosse possível a implementação da eficiência energética, sustentabilidade e conforto térmico nas futuras obras militares. No período, foram emitidos alguns pareceres técnicos pela DOM, além da realização de cursos técnicos ao longo dos anos de 2016 e 2017.

Tal fomento foi essencial para o sucesso do presente trabalho, pois a DOM apenas exigirá nos projetos, em andamento e futuros, a implementação da eficiência energética, caso a mesma esteja prevista nas normas técnicas internas do Exército.

Assim, foi necessário mostrar à DOM toda a legislação existente sobre o assunto, a fim de que haja embasamento jurídico para que o Exército possa iniciar a implantação da eficiência energética em suas edificações, tendo como consequência essa exigência de tal implementação às empresas que vierem a participar dos futuros processos licitatórios.

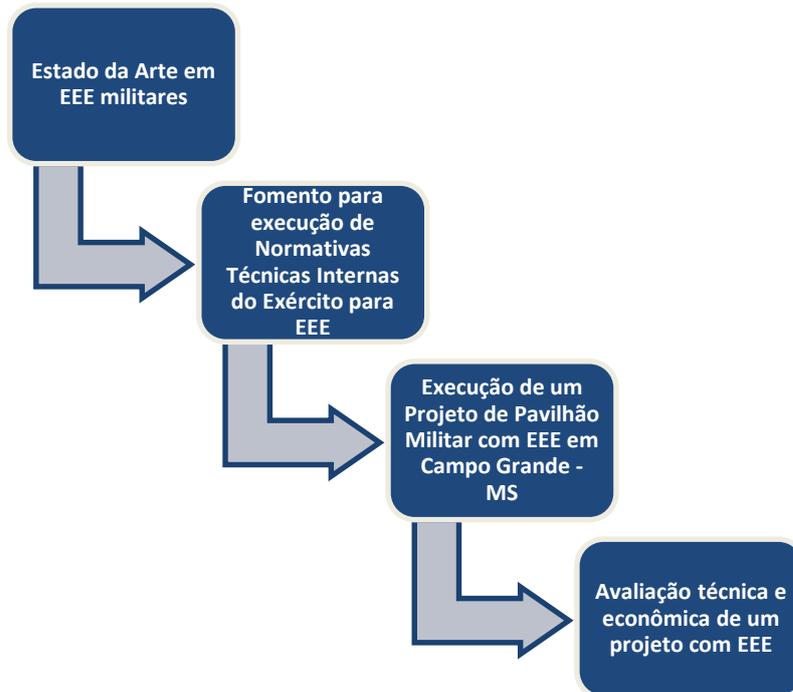
3) Execução de um projeto de pavilhão militar com EEE em Campo Grande – MS: foi executado um projeto piloto, aprovado pelo Escalão Superior do Exército Brasileiro no início de 2018, para construção de um pavilhão energeticamente eficiente para a Companhia Comando e Apoio (Pav CCAp) do 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica do Exército Brasileiro.

Tal projeto foi executado pela Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia, em Campo Grande – MS, no ano de 2018. O desafio foi atender as especificidades militares e a legislação pertinente ao assunto. Para tal, foi analisado através do método prescritivo o nível de eficiência energética do pavilhão-tipo atual e verificado as mudanças necessárias para que o mesmo possa ser etiquetável em nível "A", para a Zona Bioclimática de Campo Grande – MS.

4) Realização de avaliação técnica e econômica: foi realizada avaliação técnica e econômica para implementação de EEE, comparando-se a implantação atual com a nova proposta.

O resumo da metodologia encontra-se delineado na Figura 38.

Figura 38 – Etapas de implantação de eficiência energética em uma edificação militar,



Fonte: autor, 2017.

### 3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DO ESTUDO DE CASO

Foi escolhido como estudo de caso o projeto de construção do Pavilhão Companhia de Comando e Apoio (Pav CCAp) do 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica, a ser construído na cidade de Campo Grande - MS, durante os anos de 2018 e 2019.

A obra está localizada na Av. Presidente Vargas, S/N, bairro Sobrinho, Campo Grande-MS, ao lado do Colégio Militar de Campo Grande (CMCG), conforme Figura 39.

Figura 39 – Localização da obra.



Fonte: GOOGLE, 2018.

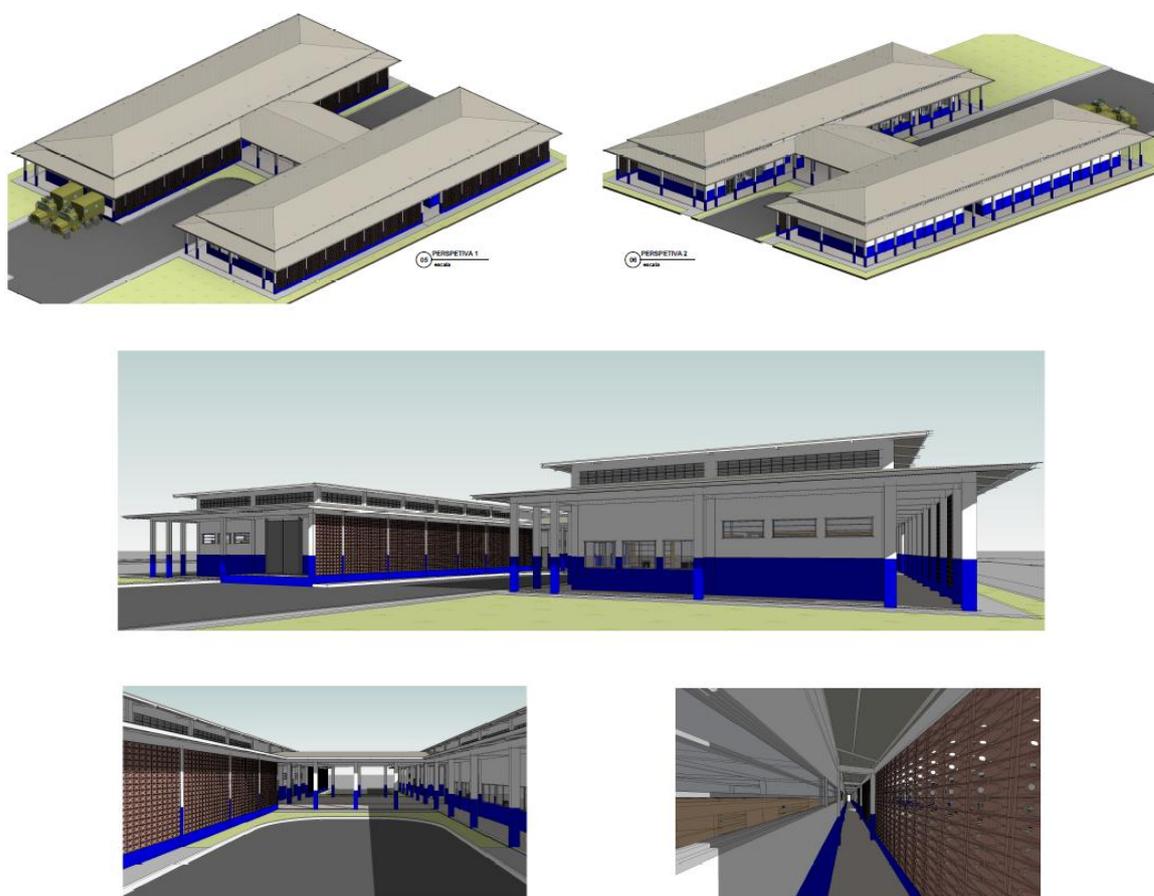
O projeto executivo do Pav CCAp do 9º B Com GE possui as seguintes características gerais:

- é uma edificação conhecida como pavilhão “H”, por ser composto por 02 (duas) edificações unidas por um corredor coberto. Para o caso do Pav CCAp do 9º B Com GE, tais edificações serão denominadas por sua orientação solar (Leste e Oeste);

- a área total construída para a edificação do lado Leste é de 487,70 m<sup>2</sup>;
- a área total construída para a edificação do lado Oeste é de 467,80 m<sup>2</sup>;
- o pé direito de ambas as edificações é de 3,75 m;
- as coberturas contemplam o uso de telhas termoacústicas TB-30, conhecidas como “telhas sanduíche”;
- os fechamentos externos e as divisões internas foram previstas em alvenaria;
- a laje superior foi executada em vigas pré-moldadas;
- as aberturas com vidros simples, não refletivos, com 6 mm de espessura;
- o contrapiso está assentado diretamente sobre o terreno natural;
- encontra-se na Zona Bioclimática 06 (Campo Grande – MS);
- o efetivo previsto para cada pavilhão CCAp é de 100 homens e/ou mulheres.

Seguem vistas do Pav CCAp, conforme Figuras 40 e 41.

Figura 40 - Vistas em perspectiva do pavilhão militar.



Fonte: FAUSTINO, 2018.

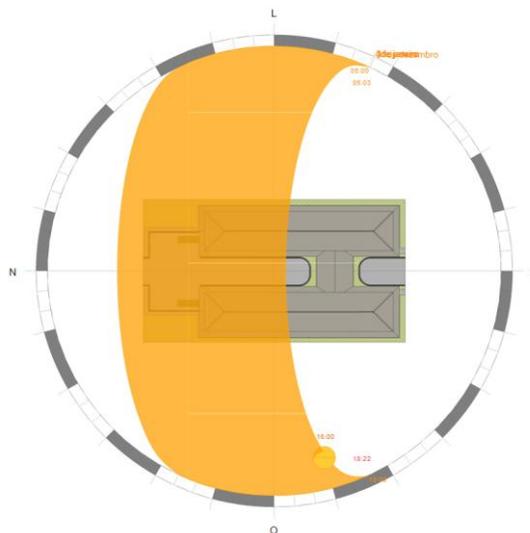
Figura 41 - Vista em perspectiva do pavilhão militar (planta baixa humanizada).



Fonte: FAUSTINO, 2018.

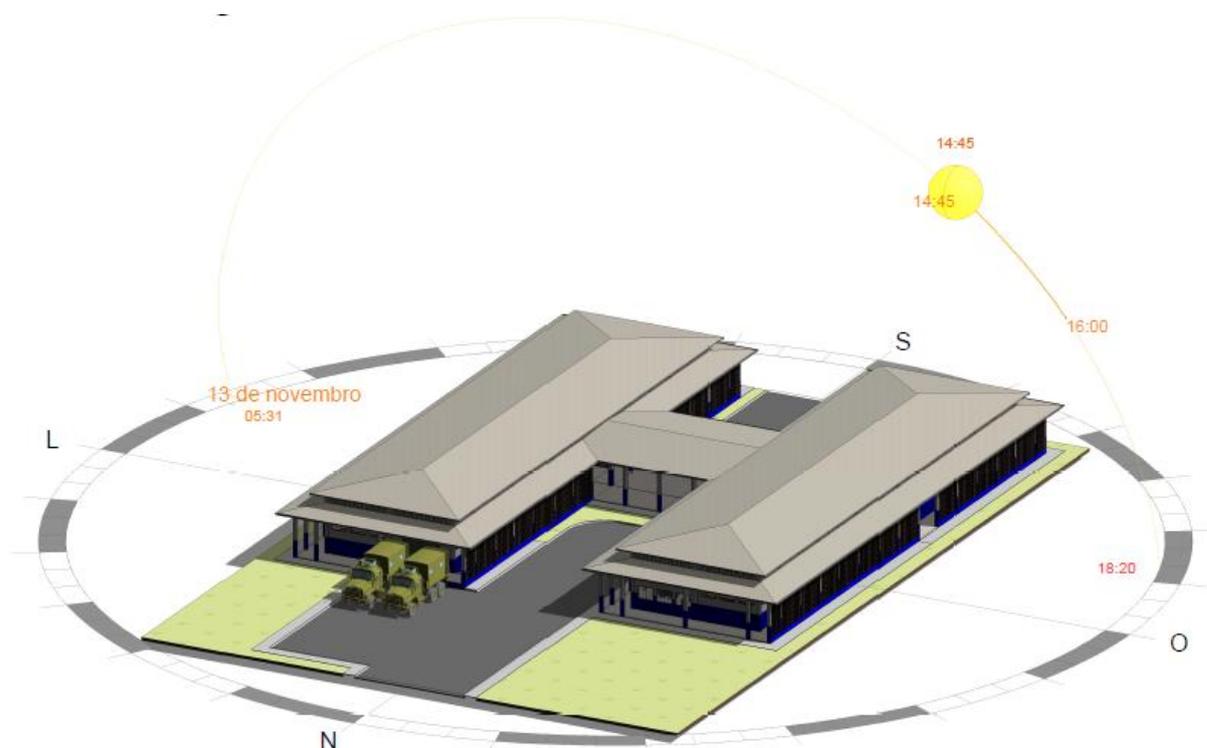
Nas Figuras 42 e 43 estão representados os movimentos solares em relação à edificação.

Figura 42 - Vista superior do movimento do Sol em relação ao pavilhão militar.



Fonte: FAUSTINO, 2018.

Figura 43 - Vista em perspectiva do movimento do Sol em relação ao pavilhão militar.



Fonte: FAUSTINO, 2018.

Tal edificação possui três ambientes principais, quais sejam: escritórios para atividades administrativas, vestiários para mudanças de uniforme pela tropa e salas de instrução (auditórios). Cada ambiente possui seu respectivo depósito de materiais diversos. Não foi apresentada planta baixa, assim como detalhes internos da edificação por motivos de sigilo de informação, uma vez que trata-se de edificação militar.

Existe atualmente um padrão arquitetônico nesse tipo de construção no EB (Exército Brasileiro). Dessa forma, houve a necessidade de se verificar qual o nível de etiquetagem em EEE que se enquadrava. Isso porque, as novas construções públicas devem atender a Instrução Normativa nº 02/2014, de 04 de junho de 2014 da SLTI/MPOG e houve a necessidade que um novo projeto fosse desenvolvido, com alternativas técnicas adequadas.

Observa-se, entretanto, que a padronização de ambientes internos, que não foram alterados, não impede sua etiquetagem em EEE, uma vez que outras características (envoltória, condicionamento de ar e sistema de iluminação) podem ser alteradas conforme a Zona Bioclimática no país.

Para fins de comparação, portanto, foram calculados os níveis de EEE do Pav CCAP antes e após as implementações das técnicas de EEE, realizando também a avaliação financeira.

A seção seguinte descreve a aplicação do método prescritivo, a forma de obtenção dos dados e a descrição do *software* utilizado.

### **3.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO PRESCRITIVO NO PROJETO EM ESTUDO**

Para aplicação do método prescritivo, foram analisados a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar. Para realizar tais análises, foi obtido o projeto padrão atual na DOM, onde estavam descritos os parâmetros necessários para serem inseridos no *software* Webprescritivo. Essa ferramenta é recomendada pelo Manual de Etiquetagem de Edificações Públicas 2014– Gestor Público, da CB3E/Eletróbras/INMETRO/Procel Edifica (ELETROBRAS, 2016)

O Webprescritivo é um *software online* de avaliação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) pelo método prescritivo, conforme preconiza o RTQ-C. Conforme os dados de entrada é possível prever o nível de EE de cada um dos três sistemas a ser avaliados, assim como das bonificações e, por último, é possível analisar o nível geral de EEE da edificação estudada.

#### **3.2.1 Dados de entrada dos pré-requisitos gerais**

O não atendimento aos pré-requisitos gerais possibilita a classificação em EEE apenas nos níveis D e E.

Para os pré-requisitos gerais, deve ser verificado se existe separação de circuitos elétricos por uso final para o sistema de iluminação, condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final. Caso a edificação tenha sido construída antes de 2009, este pré-requisito torna-se desnecessário de ser avaliado, conforme pág 68 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016).

Com relação ao aquecimento de água, deve ser avaliado se o seu consumo de energia elétrica corresponde a menos de 10% do consumo de energia elétrica total. Caso positivo, tal pré-requisito não é avaliado. Caso contrário, deverá existir estimativa da demanda de água quente, onde, para atingimento do nível “A” em EEE, a demanda de água quente deverá ser fornecida 100% por algum dos métodos do Manual de Aplicação do RTQ-C relacionados abaixo, assim como as tubulações de água quente deverão possuir isolamento conforme preconizado pelo mesmo Manual (ELETROBRAS, 2016):

- sistema de aquecimento solar;
- aquecedores a gás do tipo instantâneo;
- sistemas de aquecimento de água por bombas de calor;
- caldeiras a gás.

Segue na Figura 44, imagem da interface do *software* Webprescritivo, onde está em destaque os pré-requisitos gerais.

Figura 44 - Vista da interface do *software* Webprescritivo para os pré-requisitos gerais.

Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

- A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

- Atende pré-requisito para A
- Atende pré-requisito para B
- Atende pré-requisito para C
- Este pré-requisito não se aplica à edificação
- Não atende
- A edificação possui isolamento de tubulações

Fonte: autor, 2018.

### 3.2.2 Dados de entrada dos pré-requisitos específicos da envoltória

Com relação aos dados da envoltória, deve ser selecionada a cidade onde se localiza a edificação ou sua Zona Bioclimática correspondente. Após isso, são preenchidos os parâmetros relativos aos pré-requisitos para a envoltória.

Os dados foram inseridos no *software* Webprescritivo conforme Figura 45.

Figura 45 - Vista da interface do *software* Webprescritivo para a envoltória.

Fonte: autor, 2018.

Os parâmetros técnicos que são avaliados nos pré-requisitos da envoltória estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados de entrada dos pré-requisitos específicos da envoltória.

DADOS DE ENTRADA DOS PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS DA ENVOLTÓRIA		
SIGLA	PARÂMETRO	OBS
U <sub>cob</sub> (W/m <sup>2</sup> K) em Área Condicionada (AC) ou em Área Não Condicionada (ANC)	Transmitância térmica da cobertura	Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220 (2003) - Parte 2 ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488 (1980). <b>Usualmente, é usado um único tipo de</b>

		<b>cobertura nas edificações militares, independente do ambiente ser condicionado ou não.</b>
$U_{par}$ (W/m <sup>2</sup> K)	Transmitância térmica das paredes externas	Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das paredes, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220 - Parte 2 (2003) ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488 (1980).
$\alpha$ (% ou decimal) da cobertura (cob) e das paredes (par)	Absortância à radiação solar da cobertura e das paredes	Trata-se do quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. Pode ser obtido através da Tabela 1.3 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016). Pode ser calculado conforme item 3.2.2 do RTQ-C ou recomenda-se utilizar os valores da NBR 15220 - Parte 2 (2003), valores fornecidos pelo fabricante ou valores resultados de medições realizadas de acordo com as normas ASTM E1918-06 (2006), ASTM E903-12 (2012), ASHRAE 74 (1988).
PAZ (%)	Percentual de Abertura Zenital	Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação ao plano

		horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura.
FS (em decimais)	Fator Solar de vidros para iluminação zenital	Conforme Tabela 3.4 do Manual para Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016). O FS é a razão entre o ganho de calor que entra em um ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. <b>O Fator Solar considerado foi relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura.</b>
$CT_{par}$ (kJ/(m <sup>2</sup> K))	Capacidade Térmica das Paredes	É o quociente da quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura das paredes pela sua área. Este item é preenchido apenas para as obras realizadas dentro das Zonas Bioclimáticas 7 e 8.

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

### 3.2.2.1 *Dados de entrada das dimensões da edificação*

Com relação aos dados de entrada das dimensões da edificação, os mesmos são inseridos no *software* Webprescritivo conforme Figura 46.

Figura 46 - Vista da interface do *software* Webprescritivo para os dados de entrada das dimensões da edificação.

Dados Dimensionais da Edificação		Características das Aberturas	
$A_{TOT}$	<input type="text"/> m <sup>2</sup> ?	FS	<input type="text"/> ?
$A_{PCOB}$	<input type="text"/> m <sup>2</sup> ?	PAF <sub>T</sub>	<input type="text"/> % ?
$A_{PE}$	<input type="text"/> m <sup>2</sup> ?	PAF <sub>O</sub>	<input type="text"/> % ?
$V_{TOT}$	<input type="text"/> m <sup>3</sup> ?	AVS	<input type="text"/> ° ?
$A_{ENV}$	<input type="text"/> m <sup>2</sup> ?	AHS	<input type="text"/> ° ?

Fonte: autor, 2018.

Os parâmetros técnicos considerados para as dimensões da edificação estão descritos conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Dados de entrada das dimensões da edificação.

DADOS DE ENTRADA DAS DIMENSÕES DA EDIFICAÇÃO		
SIGLA	PARÂMETRO	OBS
$A_{tot}$ (m <sup>2</sup> )	Área Total Construída	É a soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente.
$A_{pcob}$ (m <sup>2</sup> )	Área de Projeção da Cobertura	É a área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos e excluindo beirais, marquises e coberturas sobre varandas – esta última, desde que fora do alinhamento do edifício.
$A_{pe}$ (m <sup>2</sup> )	Área de Projeção do Edifício	É a área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos.
$V_{tot}$ (m <sup>3</sup> )	Volume Total da Edificação	É o volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos.
$A_{env}$ (m <sup>2</sup> )	Área da Envoltória	É a soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas.

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

### 3.2.2.2 Dados de entrada das aberturas da edificação

Com relação aos dados de entrada das aberturas da edificação, os mesmos são inseridos no *software* Webprescritivo conforme Figura 45:

Os parâmetros técnicos considerados para as aberturas da edificação estão descritos conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Dados de entrada das aberturas da edificação.

DADOS DE ENTRADA DAS ABERTURAS DA EDIFICAÇÃO		
SIGLA	PARÂMETRO	OBS
FS	Fator Solar das aberturas	Conforme Tabela 3.4 do Manual para Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016). O FS é a razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. <b>O Fator Solar considerado foi relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura.</b>
PAF <sub>t</sub> (%)	Percentual de Área de Abertura na Fachada Total	É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a aberturas em paredes verticais com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal, tais como janelas tradicionais, portas de vidro ou <i>sheds</i> , mesmo sendo estes últimos localizados na

		cobertura. Exclui área externa de caixa d'água no cômputo da área de fachada, mas inclui a área da caixa de escada até o ponto mais alto da cobertura (cumeeira).
PAF <sub>o</sub> (%)	Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste	É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, da fachada oeste e a área da fachada oeste.
AVS (°)	Ângulo Vertical de Sombreamento	Ângulo formado entre 2 planos que contêm a base da abertura. O primeiro é o plano vertical na base da folha de vidro (ou material translúcido). O segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido)
AHS (°)	Ângulo Horizontal de Sombreamento	Ângulo formado entre 2 planos verticais. O primeiro plano é o que contém a base da folha de vidro (ou material translúcido). O segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro (ou material translúcido).

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

### 3.2.2.3 Dados de entrada para o cálculo do índice de consumo da envoltória ( $IC_{env}$ )

O *software* Webprescritivo realiza o cálculo do Índice de Consumo ( $IC_{env}$ ) de forma automática, conforme os dados de entrada citados anteriormente. Devido à extensa teoria que envolve este assunto, será suprimido do presente trabalho tal explanação. Contudo, será descrita a formulação utilizada pelo *software* Webprescritivo para determinação do nível de eficiência energética no que tange à envoltória.

Cada Zona Bioclimática tem 2 (duas) equações possíveis de serem utilizadas para o cálculo do IC, dependendo se a Área de Projeção da Edificação ( $A_{pe}$ ) é maior ou menor do que  $500 \text{ m}^2$ . A formulação a ser utilizada também dependerá da Zona Bioclimática da edificação. As tabelas com os limites de  $IC_{env}$  encontram-se no Manual para Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016).

Para a Zona Bioclimática 6 e 8, utiliza-se a Equação 1 e a Equação 2 (ELETROBRAS, 2016).

(equação 1)

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

$$\text{Limite: Fator de forma máximo } (A_{env}/V_{tot}) = 0,48$$

$$IC_{env} = 454,47.FA - 164,137.FF + 33,47.PAF_T + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.PAF_T.AVS + 0,33.PAF_T.AHS + 718$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

(equação 2)

$$\text{Limite: Fator de forma mínimo } (A_{env}/V_{tot}) = 0,17$$

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58$$

Onde:

$$\text{Fator de Forma (FF)} = A_{env} / V_{tot}$$

$$\text{Fator de Altura (FA)} = A_{pcob} / A_{tot}$$

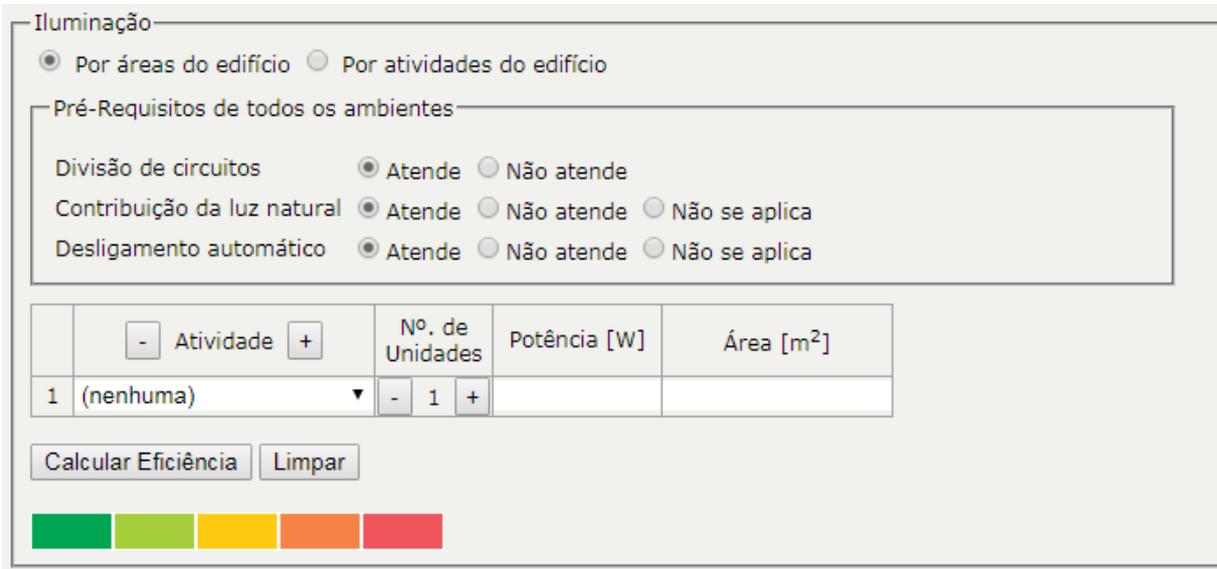
### 3.2.3 Dados de entrada do sistema de iluminação

Para sistema de iluminação, devem ser observados os pré-requisitos e os parâmetros de cálculo.

#### 3.2.3.1 Dados de entrada dos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação

Com relação aos dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de iluminação, os mesmos são inseridos no *software* Webprescritivo, conforme Figura 47.

Figura 47 - Vista da interface do *software* Webprescritivo para os dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de iluminação.



Iluminação

Por áreas do edifício  Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos  Atende  Não atende

Contribuição da luz natural  Atende  Não atende  Não se aplica

Desligamento automático  Atende  Não atende  Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m <sup>2</sup> ]
1	(nenhuma)	- 1 +		

Calcular Eficiência Limpar

■ ■ ■ ■ ■

Fonte: autor, 2018.

Os parâmetros técnicos considerados estão descritos conforme Tabela 9:

Tabela 9 - Dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de iluminação.

PARÂMETRO	OBS
Níveis mínimos de iluminação conforme NBR 5413/1992 (Nota Técnica do MTE-2013)	Verificar se foram obedecidos os níveis mínimos de iluminação preconizados na NBR 5413/1992 (Nota Técnica do MTE-2013), conforme a natureza da atividade a ser exercida no ambiente.
Divisão dos circuitos	Deverá haver separação de circuitos elétricos por uso final para o sistema de iluminação, condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final. Tal parâmetro não é passivo de análise caso a edificação tenha sido construída antes de 2009.
Contribuição da luz natural	Ambientes com abertura(s) voltada(s)

---

para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível. (Exceção: atividades com foco em hospedagem).

---

Desligamento automático do sistema de iluminação

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m<sup>2</sup> deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções: sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado (deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m<sup>2</sup>); um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes ou um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada. (Exceções: ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h; ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes; ambientes onde o desligamento

---

---

automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários.

---

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

### 3.2.3.2 *Dados de entrada dos parâmetros de cálculo do sistema de iluminação*

Com relação aos dados de entrada dos parâmetros do sistema de iluminação, existem 02 métodos: da área da edificação e das atividades.

O método da área da edificação avalia o sistema de iluminação de forma geral e deve ser aplicado quando a edificação possua no máximo 03 atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício. Caso a edificação seja avaliada parcialmente, não se pode utilizar o método das áreas. Porém, como os Pav CCAp foram avaliados de forma geral, o método das áreas foi aplicado.

O método das atividades da edificação avalia cada ambiente e seu uso de forma individual, podendo ainda proporcionar uma bonificação com o aumento da densidade de potência limite em função do espaço interno dos ambientes, conforme preconizado no Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016).

Devem ser fornecidos os dados relativos à potência instalada no sistema de iluminação por ambiente, assim como a sua área.

Com relação aos dados de entrada dos parâmetros de cálculo do sistema de iluminação, os mesmos são inseridos no *software* Webprescritivo conforme Figura 46.

### 3.2.4 **Dados de entrada do sistema de condicionamento de ar**

De acordo com o Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), os sistemas de condicionamento de ar são tratados de dois modos distintos, dependendo se os condicionadores são avaliados pelo PBE/INMETRO ou não. Os sistemas compostos por condicionadores de ar de janela e *split*, avaliados pelo PBE/INMETRO, são classificados através do nível de eficiência que o INMETRO atribui a cada modelo.

Os sistemas compostos por condicionadores que não são abrangidos por nenhuma norma de eficiência do INMETRO, por sua vez, são avaliados através do seu desempenho em

relação a certos níveis fornecidos pelo Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016).

Assim, o nível de EEE dos Pav CCAp, no que diz respeito ao sistema de condicionamento de ar, é o mesmo que o nível de EE do equipamento de condicionamento de ar, conforme selo PROCEL indicado no próprio equipamento, desde que cumpridos os demais requisitos mostrados ainda neste tópico.

Nesse trabalho foram abordados apenas sistemas de condicionamento de ar para fins de refrigeração, sendo esta a necessidade dos pavilhões CCAp. Como os atuais pavilhões CCAp já existentes possuem apenas condicionadores de ar de janela e *Split*, o cálculo de eficiência energética para sistemas centralizados de condicionamento de ar não será apresentado.

Contudo, é sugerido que sejam avaliados para futuros trabalhos, estudos no que concerne ao sistema VRF (fluxo de gás refrigerante variável), devido à sua alta eficiência energética.

### 3.2.4.1 *Dados de entrada dos pré-requisitos específicos do sistema de condicionamento de ar*

Com relação aos dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar, os mesmos são inseridos no *software* Webprescritivo conforme Figura 48.

Figura 48 - Vista da interface do *software* Webprescritivo para os dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar.

Pré-Requisitos Gerais

Possui isolamento de tubulações  
 Não possui isolamento de tubulações

Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1		- 1 +	split			

Condicionadores de ar não etiquetados

	- Condicionador de ar +	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1			A	<input type="checkbox"/> Visualizar	

AU  m² ?  
AC  m² ?

Calcular Eficiência Limpar

■ ■ ■ ■ ■

Os parâmetros técnicos considerados para os dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar estão descritos na Tabela 10:

Tabela 10 - Dados de entrada dos pré-requisitos do sistema de condicionamento de ar.

PARÂMETRO	OBS
Espessuras mínimas para tubulações de aço do sistema de refrigeração	Os sistemas de condicionamento de ar possuem pré-requisito apenas para nível de eficiência “A” em EEE. Caso o pré-requisito não seja atendido, o nível de eficiência do sistema de ar condicionado não poderá ser “A”. O pré-requisito em questão é a espessura mínima de isolamento de tubulações de aço para sistemas de refrigeração, conforme Figura 49, retirada do Manual de Aplicação do RTQ-C. Caso a tubulação não seja metálica, estudo pormenorizado deverá ser realizado.

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

Figura 49 - Espessuras mínimas de isolamento de tubulações de aço para sistemas de refrigeração.

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥ 200
4 < T < 16	0,032 a 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 a 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0

Fonte: ELETROBRAS, 2016.

### 3.2.4.2 Dados de entrada dos parâmetros de cálculo do sistema de condicionamento de ar

Com relação aos dados de entrada dos parâmetros de cálculo do sistema de condicionamento de ar, os mesmos são inseridos no *software* Webprescritivo conforme Figura 48.

Os parâmetros técnicos considerados para cálculo do sistema de condicionamento de ar estão descritos conforme Tabela 11:

Tabela 11 - Dados de entrada dos parâmetros de cálculo do sistema de condicionamento de ar.

<b>SIGLA</b>	<b>PARÂMETRO</b>	<b>OBS</b>
-	Nível de Eficiência Energética (EE)	O nível de EEE dos Pav CCAp, no que diz respeito ao sistema de condicionamento de ar, foi o mesmo que o nível de EE do equipamento de condicionamento de ar, conforme selo PROCEL indicado no próprio equipamento, desde que cumpridos os demais requisitos mostrados nos pré-requisitos.
AU (m <sup>2</sup> )	Área Útil	Área disponível para ocupação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens.
AC (m <sup>2</sup> )	Área Condicionada	Área útil dos ambientes condicionados, ou seja, ambientes fechados (incluindo fechamento por cortinas de ar) atendidos por sistema de condicionamento de ar.
APT (m <sup>2</sup> )	Área de Permanência Transitória	Área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados. Garagens e estacionamentos não entram no cálculo da APT.
ANC (m <sup>2</sup> )	Área Não Condicionada	Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de conforto conforme descrito no item 6 do RTQ-C (BRASIL, 2010).

Fonte: ELETROBRÁS, 2016.

### 3.2.5 Dados de entrada das bonificações

Conforme definição no Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRÁS, 2016), são iniciativas que aumentem a eficiência da edificação, podendo representar até um ponto a mais na soma total dos pontos na classificação geral. Para tanto, essas iniciativas devem ser justificadas e a economia gerada deve ser comprovada, quais sejam:

- Sistema de aquecimento solar responsável por mais de 70% do fornecimento de água quente da edificação, caso a água quente possua contribuição maior ou igual a 10% dos custos com energia elétrica;

- Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores, aproveitamento de água pluvial e de outras fontes alternativas de água, que proporcionam uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício, considerando práticas correntes de dimensionamento;

- Energia eólica ou painéis fotovoltaicos devem proporcionar economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício;

- Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas, tais como iluminação natural, que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, proporcionando uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia;

- economias em mais de um item, que sejam menores que os mínimos exigidos, podem ser combinadas, proporcionalmente, a fim de alcançar os percentuais exigidos para obtenção da bonificação.

Os itens que podem ser avaliados com relação às bonificações devem ser preenchidos conforme o quadro abaixo, retirado do *software* Webprescritivo:

Figura 50 - Vista da interface do *software* Webprescritivo para os dados de entrada das bonificações.

Bonificações	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : <input type="text" value="-"/> ▼

Fonte: autor, 2018.

### 3.2.6 Dados de entrada da etiqueta geral

Neste item é avaliada a pontuação total da edificação em estudo, sendo computados os pontos da envoltória, do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar e das bonificações, cada um conforme seu peso na fórmula geral da etiqueta geral. Deve-se apresentar os valores para Área de Permanência Transitória (APT) e Área Não Condicionada (ANC). O Equivalente Numérico para Ventilação (EqNumV) não foi necessário no presente

trabalho por não ter sido considerado o método da simulação para cálculo da EE. O resultado é gerado e apresentado conforme Figura 51.

Figura 51 - Vista da interface do *software* Webprescritivo para os dados de entrada da etiqueta geral.

Etiqueta Geral

APT  m² ?

ANC  m² ?

EqNumV  ?

b  ?

Nenhum arquivo selecionado

Fonte: autor, 2018.

## **4 RESULTADOS**

### ***4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS Pav CCAp JÁ EXISTENTES***

Foi realizada a avaliação de EEE no Pav CCAp considerando a metodologia construtiva dos atuais pavilhões já existentes no EB. Para tal, foi considerado o projeto executivo arquitetônico conforme APÊNDICE M. Importante salientar que os nomes reais das salas, assim como suas funções de fato, não são necessariamente as presentes no projeto apresentado, por motivos de segurança.

No item 5.2 serão apresentadas as alterações propostas para o novo projeto, a fim de que seja atingido o nível de etiquetagem “A” em EEE, sendo considerada a Zona Bioclimática 6 (ZB 6).

#### **4.1.1 Pré-requisitos Gerais**

Os atuais pavilhões não possuem separação de circuitos elétricos por uso final para o sistema de iluminação, condicionamento de ar, e outros; ou possuem instalados equipamentos que possibilitem medições por uso final. Entretanto, como essas edificações foram construídas antes de junho de 2009, esse pré-requisito torna-se desnecessário de ser avaliado.

Com relação ao aquecimento de água, tal pré-requisito não foi cumprido uma vez que a água quente é gerada unicamente por chuveiros elétricos. Desta forma, o maior nível em EEE possível de ser atingido é o nível “D”.

As características e valores dos parâmetros do pavilhão atual serão descritos nas subseções seguintes.

As observações foram realizadas com a finalidade de esclarecer ao leitor os porquês dos parâmetros adotados, além de realizar as comparações com os parâmetros limites para o atingimento do nível “A” em EEE. Como citado anteriormente, devido à nova legislação pertinente ao assunto, o nível de EEE mínimo para obras públicas é o “A”. Devido à este fator, as análises para o atingimento dos níveis “B”, “C”, “D” e “E” serão desprezadas. Foram considerados parâmetros relativos à Zona Bioclimática 6, devido à localização da obra em estudo.

Importante salientar que, para os Pav CCAp já existentes, foi considerada a uniformização de tais edificações. Para futuras etiquetagens, tais edificações deverão ser reanalisadas, pois as mesmas poderão não possuir com exatidão os parâmetros apresentados.

#### **4.1.2 Análise da envoltória**

Para o cálculo dos parâmetros existentes para a envoltória, não foi necessário realizar ponderações matemáticas, devido à uniformidade de tal edificação (uma única cor de tinta para revestimento das paredes externas, um único tipo de cobertura, entre outros).

Os parâmetros da envoltória relativos à edificação estão descritos nas Tabelas 12, 13 e 14. As Figuras 41 e 42 mostram o lugar geométrico do movimento solar em relação à edificação militar.

Tabela 12 - Análise dos pré-requisitos para nível “A” em EEE para a envoltória dos Pav CCAp existentes na ZB 6.

<b>ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS PARA NÍVEL “A” EM EEE PARA A ENVOLTÓRIA NA ZB 6</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Transmitância térmica da cobertura - $U_{cob}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\leq 1,00$ W/m <sup>2</sup> K para ambientes condicionados artificialmente	- uma vez que é usado um único tipo de cobertura para todo o pavilhão, não foi analisado $U_{cob}$ para ambientes não condicionados artificialmente; - a cobertura utilizada nos Pav CCAp já existentes é a nº 05 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013, conforme Figura 52, onde sua transmitância atinge 1,79 W/m <sup>2</sup> K.	Não cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para a envoltória
Transmitância térmica das paredes externas - $U_{par}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\leq 3,70$ W/m <sup>2</sup> K	- as paredes externas utilizadas nos Pav CCAp já existentes seguem o modelo nº 41 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013, conforme Figura 53, onde sua transmitância atinge 2,39 W/m <sup>2</sup> K.	Cumpe o pré-requisito para nível “A” em EEE para a envoltória
Materiais de revestimento externo das paredes - $\alpha$	Absortância solar baixa, $\alpha \leq 0,50$ do espectro solar e nas coberturas; utilização de cor de absorvância solar baixa ( $\alpha \leq 0,50$ do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto	- para as paredes foi considerado o uso de tinta para revestimento na cor branca ( $\alpha = 0,20$ ) e para as coberturas foi considerado o uso de telhas cerâmicas não esmaltadas (adotado $\alpha = 0,45$ ).	Cumpe o pré-requisito para nível “A” em EEE para a

---

[adimensional]	jardim ou reservatórios de água.	envoltória
----------------	----------------------------------	------------

---

Fator Solar – FS [adimensional]	Conforme Tabela 3.4 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), caso haja abertura zenital.	- como não existem aberturas zenitais nos atuais pavilhões já existentes, não é necessário avaliar este item. Foi adotado FS = 0 para a abertura zenital, pois a mesma não existe.	Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para a envoltória
------------------------------------	---	--	--

---

Fonte: autor, 2018.

Tabela 13 - Análise das dimensões da edificação para os Pav CCAp existentes.

<b>ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA EDIFICAÇÃO</b>				
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM</b>		<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
	<b>NÍVEL “A” EM EEE</b>			
Área Total Construída - $A_{tot}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área Total Construída de 2436,66 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Área de Projeção da Cobertura - $A_{pcob}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área de Projeção da Cobertura de 2032,25 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Área de Projeção do Edifício - $A_{pe}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área de Projeção do Edifício de 2032,25 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Volume Total da Edificação - $V_{tot}$ [m <sup>3</sup> ]	Não há		- Volume Total da Edificação: para o cálculo do volume, foi considerado o pé-direito do pavilhão igual a 2,80m. Foi considerado, portanto, tal volume igual a 5690,30 m <sup>3</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Área da Envoltória - $A_{env}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área da Envoltória de 3345,12 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>

Fonte: autor, 2018.

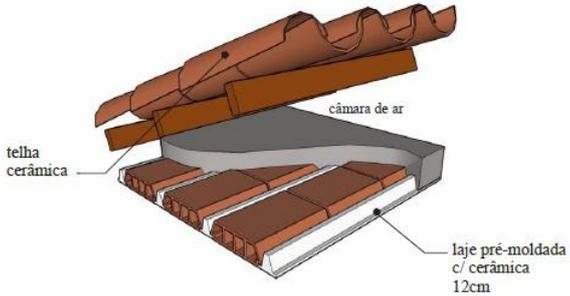
Tabela 14 - Análise das aberturas da edificação para os Pav CCAp existentes.

<b>ANÁLISE DAS ABERTURAS DA EDIFICAÇÃO</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Fator Solar das aberturas – FS [adimensional]	Conforme Tabela 3.4 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), caso haja abertura zenital.	- foi considerado vidro simples, não refletivo, com 6mm de espessura com fator solar de 0,82 (SUDBRACK, 2017).	Faz parte do cálculo do $IC_{env}$
Percentual de Área de Abertura na Fachada Total - $PAF_t$ [adimensional]	Não há	- Percentual de Área de Abertura na Fachada Total: a edificação apresentou tal razão igual a 17,3 %.	Faz parte do cálculo do $IC_{env}$
Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste - $PAF_o$ [adimensional]	Não há	- a edificação apresentou tal razão igual a 25 %.	Faz parte do cálculo do $IC_{env}$
Ângulo Vertical	Não há	- como a edificação não apresenta quaisquer metodologias	Faz parte do

de Sombreamento - AVS [graus]		construtivas que visam promover sombreamento das aberturas com proteções horizontais, a edificação apresentou AVS de 0°.	cálculo do IC <sub>env</sub>
Ângulo Horizontal de Sombreamento - AHS [graus]	Não há	- como a edificação não apresenta quaisquer metodologias construtivas que visam promover sombreamento das aberturas com proteções verticais, a edificação apresentou AHS de 0°.	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>

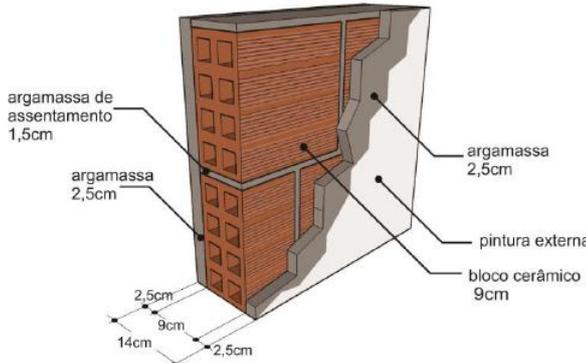
Fonte: autor, 2018.

Figura 52 - Tipo de cobertura nº 05 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013.

	Descrição: <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">5</span>						
	Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + lajota cerâmica 7cm + argamassa 1cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha cerâmica						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>T</sub></th> </tr> <tr> <th>[W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>[kJ/m<sup>2</sup>K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,79</td> <td>185</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>T</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]	1,79	185
U	C <sub>T</sub>						
[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]						
1,79	185						

Fonte: BRASIL, 2013.

Figura 53 - Tipo de parede externa nº 41 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013.

	Descrição: <span style="float: right; border: 1px solid black; padding: 2px;">41</span>						
	Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x 19,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C<sub>T</sub></th> </tr> <tr> <th>[W/(m<sup>2</sup>K)]</th> <th>[kJ/m<sup>2</sup>K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,39</td> <td>151</td> </tr> </tbody> </table>	U	C <sub>T</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]	2,39	151
U	C <sub>T</sub>						
[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]						
2,39	151						

Fonte: BRASIL, 2013.

### 4.1.3 Análise do sistema de iluminação

Da mesma forma que na envoltória, seguem as Tabelas 15, 16 e 17, com as considerações do sistema de iluminação dos Pav CCAp já existentes.

Tabela 15 - Análise dos pré-requisitos para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação dos Pav CCAp existentes na ZB 6.

<b>ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS PARA NÍVEL “A” EM EEE PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NA ZB 6</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Níveis mínimos de iluminação conforme NBR 5413/1992 (Nota Técnica do MTE-2013)	Cumprimento dos limites mínimos de iluminância conforme preconizado na NBR 5413/1992 (Nota Técnica do MTE-2013)	- foram seguidos os níveis de iluminação dentro de ambientes internos conforme preconizado na NBR 5413. Para tal, foram adotadas três atividades preponderantes para o Pav CCAp, quais sejam: academia, escritórios e escola/universidade. Como não existem atividades militares listadas no Manual de Aplicação do RTQ-C, cada ambiente do Pav CCAp foi classificado em uma das 03 atividades supracitadas. As áreas e as demandas de potências instaladas por dependência do Pav CCAp podem ser visualizadas conforme Figura 55.	Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação
Divisão dos circuitos	Deverá haver separação de circuitos elétricos por uso final para o sistema de iluminação, condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final. Tal parâmetro não é passivo de análise caso a edificação tenha sido	- como os Pav CCAp foram executados em sua grande maioria antes de junho de 2009, os mesmos enquadram-se na exceção à este pré-requisito, não sendo necessária sua avaliação, conforme pág 68 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS,	Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de

	construída antes de 2009.	2016).	iluminação
Contribuição da luz natural	Ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível. (Exceção: atividades com foco em hospedagem).	- como os Pav CCAp não possuem iluminação com acionamento independente próximo às janelas voltadas para o exterior da edificação, tal pré-requisito não foi cumprido.	Não cumpre o pré-requisito para nível "A" em EEE para o sistema de iluminação
Desligamento automático do sistema de iluminação	O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m <sup>2</sup> deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções: sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado (deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m <sup>2</sup> ); um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de	- como os Pav CCAp podem ter que funcionar por 24h de forma inopinada, os mesmos enquadram-se na exceção à este pré-requisito, não sendo necessária sua avaliação.	Cumpre o pré-requisito para nível "A" em EEE para o sistema de iluminação

todos ocupantes ou um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada. (Exceções: ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h; ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes; ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários.

---

Resumo dos pré-requisitos	Cumprimento de todas as condicionantes previstas no quadro 4.1 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016)	- conforme a Tabela 16, é possível observar que, uma vez que os Pav CCAp existentes não cumprem o pré-requisito de contribuição natural, o nível máximo que os mesmos poderão obter em EE é o nível “C” no sistema de iluminação.	Não cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação
---------------------------	---	---	---

---

Fonte: autor, 2018.

Tabela 16 - Resumo dos pré-requisitos.

<b>PRÉ-REQUISITO</b>	<b>NÍVEL A</b>	<b>NÍVEL B</b>	<b>NÍVEL C</b>
Divisão dos Circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da Luz Natural	Sim	Sim	
Desligamento Automático do Sistema de Iluminação	Sim		

Fonte: ELETROBRAS, 2016.

Tabela 17 - Análise do método de cálculo para o sistema de iluminação.

<b>ANÁLISE DO MÉTODO DE CÁLCULO PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Cálculo pelo método da área da edificação	Obediência aos limites máximos de Densidade de Potência de Iluminação (DPI), conforme Tabela 4.2 do Manual de Aplicação do RTQ-C, (ELETROBRAS, 2016)	- conforme item 4.2.1 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), foi considerado o método das áreas da edificação para avaliação do sistema de iluminação, uma vez que todas as atividades a serem executadas dentro do Pav CCAp podem ser agrupadas em 03 atividades principais, academia (iluminância de 200 lux), escritórios (iluminância de 500 lux) e escola/universidade (iluminância de 500 lux); - foram adotadas calhas não refletivas com 02 lâmpadas fluorescentes de 40 W cada, com reatores convencionais de 15 W, considerando 2600 lúmens por lâmpada.	Não cumpre os limites máximos de DPI para atingimento do nível “A” em EEE para o sistema de iluminação

Fonte: autor, 2018.

#### **4.1.4 Análise do sistema de condicionamento de ar**

Da mesma forma que na envoltória, seguem as Tabelas 18 e 19, com as considerações do sistema de condicionamento de ar dos Pav CCAp já existentes.

Tabela 18 - Análise dos pré-requisitos para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar para os Pav CCAp existentes na ZB 6.

<b>ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS PARA NÍVEL “A” EM EEE PARA O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR NA ZB 6</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Espessuras mínimas para tubulações de aço do sistema de refrigeração	Obediência às espessuras mínimas de tubulações conforme preconizado na Tabela 19	- devido às condições atuais do sistema de condicionamento de ar na maioria dos Pav CCAp atuais, foi considerado que as tubulações existentes não cumprem as espessuras mínimas conforme Tabela 19	Não cumpre os pré-requisitos para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar

Fonte: autor, 2018.

Tabela 19 - Análise do método de cálculo para o sistema de iluminação.

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥ 200
4 < T < 16	0,032 a 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 a 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0

Fonte: ELETROBRAS, 2016.

Tabela 20 - Análise do método de cálculo para o sistema de condicionamento de ar.

<b>ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE CÁLCULO PARA NÍVEL “A” EM EEE PARA O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Nível de eficiência energética	Como os Pav CCAp possuem sistemas de condicionamento de ar do tipo Split, deve ser ponderado as eficiências de cada aparelho pela sua respectiva potência, conforme Tabelas 2.2 e 2.3 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016)	- os Pav CCAp foram executados na época em que as licitações tinham como premissa apenas a quantidade de BTU’s e o menor preço. Foram considerados para fins de cálculo os equipamentos do tipo Split mais facilmente encontrados no mercado.	Não cumpre os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar
Área Útil - AU [m <sup>2</sup> ]	Não há	- os Pav CCAp apresentam AU de 1698,34 m <sup>2</sup> .	Cumpre os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que foi considerado como premissa que o aparelho de

			condicionamento de ar foi dimensionado corretamente para a área do ambiente interno
		- os Pav CCAp apresentam AC de 687,56 m <sup>2</sup> .	Cumpre os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que foi considerado como premissa que o aparelho de condicionamento de ar foi dimensionado corretamente para a área do ambiente interno
Área Condicionada – AC [m <sup>2</sup> ):	Não há		
		- os Pav CCAp apresentam APT de 1010,78 m <sup>2</sup> .	Cumpre os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que foi
Área de Permanência Transitória – APT [m <sup>2</sup> ):	Não há		

			considerado como premissa que o aparelho de condicionamento de ar foi dimensionado corretamente para a área do ambiente interno
Área Não Condicionada - ANC [m <sup>2</sup> ]:	Não há	- não existem áreas de permanência prolongada não condicionadas nos Pav CCAp já existentes, assim, os Pav CCAp apresentam ANC de 0 m <sup>2</sup> .	Cumpre os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que foi considerado como premissa que o aparelho de condicionamento de ar foi dimensionado corretamente para a área do ambiente interno

#### **4.1.5 Bonificações**

Para os Pav CCAp já existentes, não existiam quaisquer metodologias construtivas que pudessem ser consideradas bonificações, como previsto no Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), não sendo computado nenhum ponto para bonificação.

#### **4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS**

Foi realizada a avaliação de EEE no Pav CCAp a ser construído considerando os projetos executivos finalizados pela equipe técnica da Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia ao longo dos anos de 2017 e 2018. Tais projetos executivos foram executados tendo como objetivo atingir as premissas necessárias para a classificação em nível “A” de EEE, mantendo as características peculiares às edificações militares.

Desta forma, foi verificado se tais mudanças foram suficientes para que as futuras edificações militares de Pav CCAp sejam etiquetáveis em EEE nível “A”. Os projetos executivos para os novos Pav CCAp a serem construídos contemplam um formato conhecido no meio militar como formato “H”, onde existe um pátio de formatura (cobertura sem fechamento em paredes) ligando duas edificações.

Assim, para cada Pav CCAp, deverão ser avaliadas 02 (duas) Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia (ENCE), conforme orientado pelo Manual de Aplicação do RTQ-C, pág 98 (ELETROBRAS, 2016).

Desta forma, a parte da edificação que se encontra localizada na parte Leste será chamada de “Lado Leste”, enquanto que a parte da edificação que se encontra localizada na parte Oeste será chamada de “Lado Oeste”.

##### **4.2.1 Lado Leste**

Nas próximas seções são mostrados os parâmetros utilizados para o cálculo da EEE da edificação do Lado Leste do Pav CCAp.

###### **4.2.1.1 Pré-requisitos Gerais**

Os projetos executivos para os pavilhões a serem construídos possuem separação de circuitos elétricos por uso final para o sistema de iluminação, condicionamento de ar, e outros. Com relação ao aquecimento de água, foi previsto que seu fornecimento será 100% oriundo

de coletores solares e reservatórios térmicos (sistema de aquecimento solar). Desta forma, os Pav CCAp a serem construídos poderão atingir o nível “A” em EEE.

#### ***4.2.1.2 Análise da envoltória***

Foram considerados os parâmetros relativos à Zona Bioclimática 6, devido à localização da obra em estudo (cidade de Campo Grande – MS). O Fator de Altura ( $FA = A_{pcob} / A_{tot}$ ) foi considerado igual a 1 pois, para a Edificação Lado Leste,  $A_{pcob}$  é igual a  $A_{tot}$ . Para o Fator de Forma ( $FF = A_{env} / V_{tot}$ ), FF foi considerado igual a 0,48 pois  $A_{env}$  é menor que 500 m<sup>2</sup>, conforme preconizado no Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), equação 3.11, foi adotado  $FF = 0,48$ . A capacidade térmica das paredes não foram calculadas pois a Edificação do Lado Leste encontra-se na Zona Bioclimática 6, conforme pág 84 do Manual para aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016).

Desta forma, seguem os parâmetros da envoltória relativos à edificação conforme Tabela 21.

Tabela 21 - Análise dos pré-requisitos para nível "A" em EEE para a envoltória dos Pav CCAp a serem construídos na ZB 6.

ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS PARA NÍVEL "A" EM EEE PARA A ENVOLTÓRIA NA ZB 6			
PARÂMETRO	LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL "A" EM EEE	SITUAÇÃO	RESULTADO
Transmitância térmica da cobertura - $U_{cob}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\leq 1,00$ W/m <sup>2</sup> K para ambientes condicionados artificialmente	- uma vez que é usado um único tipo de cobertura para todo o pavilhão, não foi analisado $U_{cob}$ para ambientes não condicionados artificialmente. Assim, no <i>software</i> Webprescritivo será usado o mesmo valor para $U_{cob}$ e para $U_{cob-anc}$ ; - a cobertura utilizada nos futuros Pav CCAp é a nº 19 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013, conforme Figura 54, onde sua transmitância atinge 0,53 W/m <sup>2</sup> K.	Cumpre o pré-requisito para nível "A" em EEE para a envoltória
Transmitância térmica das paredes externas - $U_{par}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$\leq 3,70$ W/m <sup>2</sup> K	- as paredes externas utilizadas nos futuros Pav CCAp seguem o modelo nº 41 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013, conforme Figura 55, onde sua transmitância atinge 2,39 W/m <sup>2</sup> K.	Cumpre o pré-requisito para nível "A" em EEE para a envoltória
Materiais de revestimento	Absortância solar baixa, $\alpha \leq 0,50$ do	- foi considerado absortância solar $\alpha = 0,05$ para	Cumpre o pré-requisito

externo de paredes - $\alpha$ [adimensional]	espectro solar e nas coberturas; utilização de cor de absorvância solar baixa ( $\alpha \leq 0,50$ do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.	a cobertura (telha em alumínio novo) e $\alpha = 0,20$ para as paredes externas (pintura na cor branca), conforme Tabela 1.3 do Manual para Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016).	para nível “A” em EEE para a envoltória
Fator Solar – FS [adimensional]	Conforme Tabela 3.4 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), caso haja abertura zenital.	- como não foi previsto em projeto a realização de aberturas zenitais nos pavilhões a serem construídos, não é necessário avaliar este item. Foi adotado FS = 0 para a abertura zenital, pois a mesma não existe.	Cumprido o pré-requisito para nível “A” em EEE para a envoltória

Fonte: autor, 2018.

Tabela 22 - Análise das dimensões da edificação para os Pav CCAp a serem construídos.

<b>ANÁLISE DAS DIMENSÕES DA EDIFICAÇÃO</b>				
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>		<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Área Total Construída - $A_{tot}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área Total Construída de 487,70 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Área de Projeção da Cobertura - $A_{pcob}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área de Projeção da Cobertura de 487,70 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Área de Projeção do Edifício - $A_{pe}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área de Projeção do Edifício de 487,70 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Volume Total da Edificação - $V_{tot}$ [m <sup>3</sup> ]	Não há		- Volume Total da Edificação: para o cálculo do volume, foi considerado o pé-direito do pavilhão igual a 3,75 m. Foi considerado, portanto, tal volume igual a 1828,90 m <sup>3</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>
Área da Envoltória - $A_{env}$ [m <sup>2</sup> ]	Não há		- Área da Envoltória de 1354,76 m <sup>2</sup> .	Faz parte do cálculo do IC <sub>env</sub>

Fonte: autor, 2018.

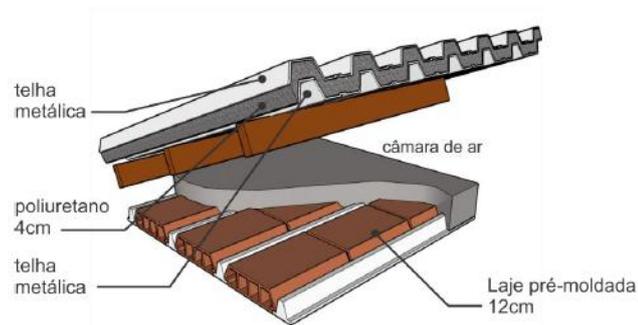
Tabela 23 - Análise das aberturas da edificação para os Pav CCAP a serem construídos.

<b>ANÁLISE DAS ABERTURAS DA EDIFICAÇÃO</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Fator Solar das aberturas – FS [adimensional]	Conforme Tabela 3.4 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), caso haja abertura zenital.	- foi considerado vidro simples, não refletivo, com 6mm de espessura com fator solar de 0,82 (SUDBRACK, 2017).	Faz parte do cálculo do $IC_{env}$
Percentual de Área de Abertura na Fachada Total - $PAF_t$ [adimensional]	Não há	- Percentual de Área de Abertura na Fachada Total: a edificação apresentou tal razão igual a 11,12%.	Faz parte do cálculo do $IC_{env}$
Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste - $PAF_o$ [adimensional]	Não há	- foram usados cobogós unindo a cobertura de toda a varanda externa ao solo, em toda a fachada Oeste. Assim, o $PAF_o$ obtido foi de 0 %.	Faz parte do cálculo do $IC_{env}$
Ângulo Vertical	Não há	- o projeto prevê sombreamento das aberturas com o uso	Faz parte do

de Sombreamento - AVS [graus]		de coberturas nas varandas (projeção horizontal da varanda de 2m e pé direito de 3,75m). Assim, a edificação apresentou AVS de 28°.	cálculo do $IC_{env}$
Ângulo Horizontal de Sombreamento - AHS [graus]	Não há	- como a edificação não apresenta quaisquer metodologias construtivas que visam promover sombreamento das aberturas com proteções verticais, a edificação apresentou AHS de 0°.	Faz parte do cálculo do $IC_{env}$

Fonte: autor, 2018.

Figura 54 - Tipo de cobertura nº 19 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013.



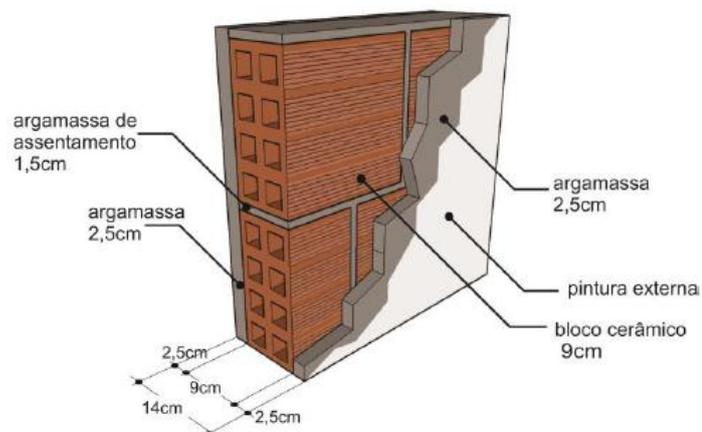
Laje pré-moldada 12cm (concreto 4cm + EPS 7cm + argamassa 1cm)  
 Câmara de ar (> 5,0 cm)  
 Telha metálica\* 0,1cm  
 Poliuretano 4,0cm  
 Telha metálica\* 0,1cm

\* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada

U	C <sub>T</sub>
[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
0,53	176

Fonte: BRASIL, 2013

Figura 55 - Tipo de parede externa nº 41 do Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013.



Argamassa interna (2,5cm)  
Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x 19,0cm)  
Argamassa externa (2,5cm)  
Pintura externa ( $\alpha$ )

U	C <sub>T</sub>
[W/(m <sup>2</sup> K)]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
2,39	151

Fonte: BRASIL, 2013

#### ***4.2.1.3 Análise do sistema de iluminação***

Da mesma forma que na envoltória, seguem as Tabelas 24 e 25, com as considerações do sistema de iluminação dos Pav CCAp a serem construídos.

Tabela 24 - Análise dos pré-requisitos para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação dos Pav CCAp a serem construídos na ZB 6.

<b>ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS PARA NÍVEL “A” EM EEE PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NA ZB 6</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Níveis mínimos de iluminação conforme NBR 5413/1992 (Nota Técnica do MTE-2013)	Cumprimento dos limites mínimos de iluminância conforme preconizado na NBR 5413/1992 (Nota Técnica do MTE-2013)	- foram seguidos os níveis de iluminação dentro de ambientes internos conforme preconizado na NBR 5413. Para tal, foram adotadas três atividades preponderantes para o Pav CCAp, quais sejam: academia, escritórios e escola/universidade. Como não existem atividades militares listadas no Manual de Aplicação do RTQ-C, cada ambiente do Pav CCAp foi classificado em uma das 03 atividades supracitadas. As áreas e as demandas de potências instaladas por dependência do Pav CCAp podem ser visualizadas conforme Figuras 56 e 57.	Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação
Divisão dos circuitos	Deverá haver separação de circuitos elétricos por uso final para o sistema de iluminação, condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final. Tal parâmetro não é passivo de análise caso a edificação tenha sido	- os circuitos elétricos possuem separação por uso final para o sistema de iluminação, condicionamento de ar, e outros.	Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de

iluminação

construída antes de 2009, o que não é o caso dos Pav CCAp a serem construídos.

Contribuição da luz natural	<p>Ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível. (Exceção: atividades com foco em hospedagem).</p>	<p>- os projetos dos novos Pav CCAp possuem iluminação com acionamento independente próximo às janelas voltadas para o exterior da edificação.</p>	<p>Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação</p>
Desligamento automático do sistema de iluminação	<p>O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m<sup>2</sup> deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções: sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado (deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m<sup>2</sup>); um sensor de presença que</p>	<p>- como os Pav CCAp podem ter que funcionar por 24 h de forma inopinada, os mesmos enquadram-se na exceção à este pré-requisito, não sendo necessária sua avaliação.</p>	<p>Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação</p>

desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes ou um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada. (Exceções: ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h; ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes; ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários.

---

Resumo dos pré-requisitos	Cumprimento de todas as condicionantes previstas no quadro 4.1 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016)	- conforme a Tabela 16, é possível observar que os novos Pav CCAP cumprem os pré-requisitos para obtenção do nível “A” em EEE	Cumpre o pré-requisito para nível “A” em EEE para o sistema de iluminação
---------------------------	---	---	---

---

Fonte: autor, 2018.

Tabela 25 - Análise do método de cálculo para o sistema de iluminação.

<b>ANÁLISE DO MÉTODO DE CÁLCULO PARA O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Cálculo pelo método da área da edificação	Obediência aos limites máximos de Densidade de Potência de Iluminação (DPI), conforme Tabela 4.2 do Manual de Aplicação do RTQ-C, (ELETROBRAS, 2016)	- conforme item 4.2.1 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016), foi considerado o método das áreas da edificação para avaliação do sistema de iluminação, uma vez que todas as atividades a serem executadas dentro do Pav CCAp podem ser agrupadas em 03 atividades principais, academia (iluminância de 200 lux), escritórios (iluminância de 500 lux) e escola/universidade (iluminância de 500 lux); - foram adotadas calhas refletivas com 02 lâmpadas LED de 20 W cada, considerando 2600 lúmens por lâmpada.	Cumprir os limites máximos de DPI para atingimento do nível “A” em EEE para o sistema de iluminação

Fonte: autor, 2018.

#### ***4.2.1.4 Pré-requisitos específicos para o sistema de condicionamento de ar***

Da mesma forma que na envoltória, seguem as Tabelas 26 e 27, com as considerações do sistema de condicionamento de ar dos Pav CCAp a serem construídos.

Tabela 26 - Análise dos pré-requisitos para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar para os Pav CCAp a serem construídos na ZB 6.

<b>ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS PARA NÍVEL “A” EM EEE PARA O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR NA ZB 6</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Espessuras mínimas para tubulações de aço do sistema de refrigeração	Obediência às espessuras mínimas de tubulações conforme preconizado na Tabela 19	- o projeto executivo contemplou as tubulações com espessuras conforme preconizado na Tabela 19	Cumpe os pré-requisitos para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar

Fonte: autor, 2018.

Tabela 27 - Análise do método de cálculo para o sistema de condicionamento de ar.

<b>ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE CÁLCULO PARA NÍVEL “A” EM EEE PARA O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR</b>			
<b>PARÂMETRO</b>	<b>LIMITE PARA ETIQUETAGEM NÍVEL “A” EM EEE</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>RESULTADO</b>
Nível de eficiência energética	Como os Pav CCAp possuem sistemas de condicionamento de ar do tipo Split, deve ser ponderado as eficiências de cada aparelho pela sua respectiva potência, conforme Tabelas 2.2 e 2.3 do Manual de Aplicação do RTQ-C (ELETROBRAS, 2016)	- o projeto executivo contemplou apenas equipamentos com selo PROCEL/INMETRO com nível de EE igual a “A”, do tipo Split.	Cumpram os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar
Área Útil - AU [m <sup>2</sup> ]	Não há	- os Pav CCAp apresentam AU de 487,70 m <sup>2</sup> .	Cumpram os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que o aparelho de condicionamento de ar foi

			dimensionado corretamente para a área do ambiente interno
		- os Pav CCAp apresentam AC de 135,56 m <sup>2</sup> .	Cumprir os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que foi considerado como premissa que o aparelho de condicionamento de ar foi dimensionado corretamente para a área do ambiente interno
Área Condicionada – AC [m <sup>2</sup> ]:	Não há		
		- os Pav CCAp apresentam APT de 352,15 m <sup>2</sup> .	Cumprir os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que foi considerado como premissa que o aparelho de condicionamento
Área de Permanência Transitória – APT [m <sup>2</sup> ]:	Não há		

			de ar foi dimensionado corretamente para a área do ambiente interno
		- não existem áreas de permanência prolongada não condicionadas nos Pav CCAp a serem construídos. Assim, os Pav CCAp apresentam ANC de 0 m <sup>2</sup> .	Cumpre os limites de pontuação para o nível “A” em EEE para o sistema de condicionamento de ar, uma vez que foi considerado como premissa que o aparelho de condicionamento de ar foi dimensionado corretamente para a área do ambiente interno
Área Não Condicionada - ANC [m <sup>2</sup> ):	Não há		

Fonte: autor, 2018.

#### **4.2.1.5 Bonificações**

Para os Pav CCAp a serem construídos, no que tange às características do projeto executivo que possuem influência sobre a bonificação, podem ser destacadas as que seguem:

- a água quente não possui contribuição maior ou igual a 10% dos custos com energia elétrica, o que desobriga o uso de energia solar para 70% do aquecimento de água, para fins de bonificação (não para fins de cumprimento dos pré-requisitos gerais);

- o projeto executivo contempla sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores, aproveitamento de água pluvial e de outras fontes alternativas de água, proporcionando uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício, considerando práticas correntes de dimensionamento;

- o projeto executivo prevê uso de energia solar para aquecimento de água, havendo economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício.

Contudo, o projeto não prevê sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas, tais como iluminação natural, que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, proporcionando uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia.

Deve ser salientado que, por ocasião da etiquetagem da obra, 02 (dois) memoriais de cálculo deverão ser executados, quais sejam: comprovação da eficácia de todos os itens listados acima, onde a edificação deverá ser analisada sem tais itens de bonificação, e, após, com tais itens de bonificação.

#### **4.2.2 Lado Oeste**

Para o Lado Oeste, os parâmetros que são diferentes do Lado Leste são os seguintes:

Tabela 28 - Diferenças entre as edificações Lado Leste e Lado Oeste dos Pav CCAp nas envoltórias.

<b>DIFERENÇAS ENTRE EDIFICAÇÕES LADO LESTE E LADO OESTE</b>	
<b>LADO LESTE</b>	<b>LADO OESTE</b>
$A_{tot} = 487,70 \text{ m}^2$	$A_{tot} = 467,80 \text{ m}^2$
$A_{pcob} = 487,70 \text{ m}^2$	$A_{pcob} = 467,80 \text{ m}^2$
$A_{pe} = 487,70 \text{ m}^2$	$A_{pe} = 467,80 \text{ m}^2$
$V_{tot} = 1828,90 \text{ m}^3$	$V_{tot} = 1754,25 \text{ m}^3$
$AU = 487,70 \text{ m}^2$	$AU = 467,80 \text{ m}^2$
$AC = 135,56 \text{ m}^2$	$AC = 366,42 \text{ m}^2$
$APT = 352,15 \text{ m}^2$	$APT = 101,38 \text{ m}^2$

Fonte: autor, 2018.

As bonificações seguem as mesmas características da Edificação Lado Leste.

Os resultados foram apresentados com as ENCE separadas Lado Leste e Lado Oeste.

#### **4.3 RESUMO DO NÍVEL DE EEE OBTIDO PELOS Pav CCAp JÁ EXISTENTES E PELOS Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS**

Foi utilizado o *software* Webprescritivo para obtenção dos resultados.

Os resultados obtidos foram separados em 02 (dois) grupos, quais sejam: Pav CCAp já existentes e Pav CCAp a serem construídos. Esses últimos, por sua vez, foram divididos em Pav CCAp Edificação Lado Leste e Edificação Lado Oeste, uma vez que o pátio interno de formatura foi previsto nos projetos executivos, dividindo o Pav CCAp em duas edificações.

Os Pav CCAp já existentes podem ou não possuir o pátio interno de formatura, onde, como a maioria não possui tal pátio, foi adotado para fins de cálculo uma edificação única para os Pav CCAp já existentes.

Os resultados podem ser resumidos conforme Tabela 29:

Tabela 29 - Resumo dos níveis de EEE obtidos pelos Pav CCAp existentes e que serão construídos.

<b>NÍVEL DE EEE OBTIDO PARA OS PAV CCAp</b>			
<b>ÁREA AVALIADA</b>	<b>PAV CCAp JÁ EXISTENTES</b>	<b>PAV CCAp A SEREM CONSTRUIDOS</b>	
		<b>LADO LESTE</b>	<b>LADO OESTE</b>
PRÉ-REQUISITOS GERAIS	NÃO CUMPREM	CUMPREM	CUMPREM
ENVOLTÓRIA	C	A	A
ILUMINAÇÃO	C	A	A
CONDICIONAMENTO DE AR	C	A	A
BONIFICAÇÕES	NÃO HÁ	01 PONTO	01 PONTO
PONTUAÇÃO TOTAL	3,82	5,92	5,77
NÍVEL FINAL DE EEE	D	A	A
CUMPREM A IN-02 MPOG?	NÃO	SIM	SIM

Fonte: autor, 2018.

Os resultados referentes a pontuação total estão descritos nos itens 5.1 e 5.2 que apresentam detalhadamente os resultados dos cálculos.

#### **4.4 NÍVEL DE EEE CALCULADO PARA OS Pav CCAp JÁ EXISTENTES**

Para os Pav CCAp já existentes, foi obtida pontuação geral de 3,82. Tal pontuação geraria nível de EEE igual a “C”. Contudo, apesar de tais edificações cumprirem os pré-requisitos de divisão de circuitos por uso final por terem sido construídas antes de 2009, como a edificação não cumpre o pré-requisito para fornecimento de água quente para os níveis “A”, “B” e “C”, uma vez que os chuveiros eram adquiridos por licitação (menor preço), o nível de EEE atingido passa para “D”.

Os parâmetros e os resultados podem ser verificados conforme Figura 56 e Tabela 30 extraídas do *software* Webprescritivo e das planilhas modificadas da QUALI-A, 2018, respectivamente.

Figura 56 - Resultado do nível de EEE obtido para os Pav CCAp existentes.

**WebPrescritivo**

O webprescritivo é uma Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C. O objetivo dessa ferramenta não é obter uma etiqueta de conservação de energia, mas sim automatizar os procedimentos de avaliação da edificação conforme o RTQ-C. Para maiores detalhes, acesse o website do [PBE EDIFICA](#) ou baixe diretamente o [RTQ-C](#).



Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

- A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

- Atende pré-requisito para A
- Atende pré-requisito para B
- Atende pré-requisito para C
- A edificação possui isolamento de tubulações
- Este pré-requisito não se aplica à edificação
- Não atende

Envoltória

Localização

- Zona Bioclimática ZB 6
- Cidade Campo Grande MS

Pré-requisitos

$U_{COB-AC}$	1.79	W/(m <sup>2</sup> K)	$\alpha_{COB}$	45	%
$U_{COB-ANC}$	1.79	W/(m <sup>2</sup> K)	$CT_{PAR}$	0	kJ/(m <sup>2</sup> K)
$U_{PAR}$	2.39	W/(m <sup>2</sup> K)	$\alpha_{PAR}$	20	%
PAZ	0	%	FS	0	

Dados Dimensionais da Edificação

$A_{TOT}$	2040	m <sup>2</sup>
$A_{PCOB}$	2032.25	m <sup>2</sup>
$A_{PE}$	2032.25	m <sup>2</sup>
$V_{TOT}$	5690.3	m <sup>3</sup>
$A_{ENV}$	3345.12	m <sup>2</sup>

Características das Aberturas

FS	0.82
$PAF_T$	17.3 %
$PAF_O$	25 %
AVS	0 °
AHS	0 °

\* O nível de eficiência alcançado foi limitado pela transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados.

Calcular Eficiência    Limpar

**Iluminação**

Por áreas do edifício  Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos  Atende  Não atende

Contribuição da luz natural  Atende  Não atende  Não se aplica

Desligamento automático  Atende  Não atende  Não se aplica

Atividade	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m <sup>2</sup> ]
		Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
		Atende	Não atende	Não se aplica	760	200.19
		Atende	Não atende	Não se aplica	665	180.82
		Atende	Não atende	Não se aplica	190	30.11
		Atende	Não atende	Não se aplica	190	30.71
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	14.96
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	14.96
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	10.83
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	10.61
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	6.31
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	5.09
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	6.31
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	6.38
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	13.28
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	10.83
		Atende	Não atende	Não se aplica	380	78.10
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	8.45
1 Academia	44	Atende	Não atende	Não se aplica	95	11.21
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	20.18
		Atende	Não atende	Não se aplica	475	126.11
		Atende	Não atende	Não se aplica	190	51.10
		Atende	Não atende	Não se aplica	285	62.30
		Atende	Não atende	Não se aplica	190	30.71
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	21.18
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	21.18
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	7.59
		Atende	Não atende	Não se aplica	95	7.70
		Atende	Não atende	Não se aplica	190	40.88

			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	8.78
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	8.78
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	20.18
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	11.21
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	8.45
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	14.96
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	14.96
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	1520	404.41
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	20.05
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	3.6
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	190	42.44
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	5.18
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	570	144.87
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	20.18
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	20.05
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	190	42.44
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	95	5.18
2	Escritório	- 11 +	Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	570	62.30
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	380	40.88
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	380	40.88
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	380	40.88
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	190	12.08
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	190	12.25
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	570	61.37
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	380	40.88
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	285	27.95
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	285	22.77
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	380	40.88
3	Escola/Universidade	- 2 +	Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	1235	126.20
			Atende	▼	Não atende	▼	Não se aplica	▼	855	83.54

Calcular Eficiência    Limpar



\* Desde que observados os pré-requisitos de divisão dos circuitos

## Condicionamento do Ar

## Pré-Requisitos Gerais

- Possui isolamento de tubulações  
 Não possui isolamento de tubulações

## Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	SUBTENÊNCIA	- 2 +	split ▼	22000	2.65	D
			split ▼	22000	2.65	D
2	VESTIÁRIO ST/SGT	- 1 +	split ▼	24000	2.91	C
3	VESTIÁRIO SEG FEM	- 1 +	split ▼	9000	2.88	C
4	RACK/NOBREAK	- 1 +	split ▼	12000	2.81	D
5	VESTIÁRIO OFICIAIS	- 1 +	split ▼	9000	2.88	C
6	ESTAR ST/SGT	- 2 +	split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C
7	SALA DE INSTRUÇÃO C	- 5 +	split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C
8	ESTAR CB/SD	- 3 +	split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C

9	VESTIÁRIO CB/SD	- 2 +	split ▼	30000	2.90	C
			split ▼	30000	2.90	C
10	2ª TURMA MNT MAT CC	- 1 +	split ▼	30000	2.90	C
11	1ª TURMA MNT MAT CC	- 1 +	split ▼	30000	2.90	C
12	PELOTÃO DE APOIO	- 1 +	split ▼	30000	2.90	C
13	Ch PELOTÃO APOIO	- 1 +	split ▼	9000	2.88	C
14	Ch PELOTÃO MANUTEN	- 1 +	split ▼	9000	2.88	C
15	PELOTÃO MANUTENÇA	- 2 +	split ▼	24000	2.91	C
			split ▼	24000	2.91	C
16	FURRIEL	- 1 +	split ▼	30000	2.90	C

16	FURRIEL	-	1	+	split ▼	30000	2.90	C
17	ESTAR OFICIAIS	-	1	+	split ▼	30000	2.90	C
18	SALA CMT	-	1	+	split ▼	9000	2.88	C
19	SALA SCMT	-	1	+	split ▼	9000	2.88	C
20	VESTIÁRIO CMT	-	1	+	split ▼	9000	2.88	C
21	VESTIÁRIO SCMT	-	1	+	split ▼	9000	2.88	C
22	SARGENTEAÇÃO	-	1	+	split ▼	30000	2.90	C
23	SALA DE INSTRUÇÕES	-	3	+	split ▼	30000	2.90	C
					split ▼	30000	2.90	C
					split ▼	30000	2.90	C

Condicionadores de ar não etiquetados

	- Condicionador de ar +	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1			A ▼	<input type="checkbox"/> Visualizar	

AU  m² ?

AC  m² ?



Bonificações	
Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : <input type="text" value="0"/> %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : <input type="text" value="-"/> ▾

Etiqueta Geral	
APT	<input type="text" value="1010.78"/> m <sup>2</sup> (?)
ANC	<input type="text" value="0"/> m <sup>2</sup> (?)
EqNumV	<input type="text" value="1"/> (?)
b	<input type="text" value="0"/> (?)
<input type="button" value="Calcular Eficiência"/> <input type="button" value="Limpar"/>	
Pontuação: 3.82	

simulacao pav...te (1).wpres

*Desenvolvido pela equipe do [Projeto S3E](#) dentro do Convênio FINEP 01.09.0440.00/CT-Energia/Ref.:0509/08  
 Computação gráfica: Leonardo Mecabô e Karran Besen*

Fonte: autor, 2018.

Tabela 30 - Cálculo do ICenv para os Pav CCAp existentes.

<b>Eficiência</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>lim. mín.</b>	-	501,32	521,35	542,57	563,20
<b>lim. máx.</b>	501,31	521,34	542,56	563,19	-

<b>Indicador de Consumo (adimensional)</b>	ICenv	490,07
--	-------	--------

Fonte: autor, 2018.

#### 4.5 NÍVEL DE EEE CALCULADO PARA OS Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS

##### 4.5.1 Resultados obtidos para a Edificação do Lado Leste do Pav CCAp

Para os Pav CCAp a serem construídos, sendo considerada a Edificação Lado Leste, foi obtida pontuação geral de 5,92. Tal pontuação foi suficiente para o atingimento do nível “A” em EEE uma vez que a pontuação mínima para o nível “A” em EEE é de 4,50.

Foi possível observar que o nível de EEE obtido pela envoltória foi “B”, devido ao FS das aberturas que é de 0,82 (vidro simples com 6 mm de espessura). Caso o mesmo fosse menor ou igual a 0,49 a etiqueta da envoltória passaria para “A”. Existem diversas formas de diminuir o FS, onde a recomendada por este autor é a adoção de vidros refletivos temperados verdes, utilizados em outras edificações militares na cidade de Campo Grande – MS.

Contudo, mesmo com a envoltória obtendo nível “B” em EEE, uma vez que o sistema de iluminação e o de condicionamento de ar obtiveram nível “A” em EEE, a pontuação final foi suficiente para a obtenção do nível “A” em EEE.

Os parâmetros e os resultados podem ser verificados conforme Figura 57 e Tabela 31 extraídas do *software* Webprescritivo e das planilhas modificadas da QUALI-A, 2018, respectivamente.

Figura 57 - Resultado do nível de EEE obtido pela Edificação Lado Leste do Pav CCAP a ser construído.

**WebPrescritivo**

O webprescritivo é uma Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C. O objetivo dessa ferramenta não é obter uma etiqueta de conservação de energia, mas sim automatizar os procedimentos de avaliação da edificação conforme o RTQ-C. Para maiores detalhes, acesse o website do [PBE EDIFICA](#) ou baixe diretamente o [RTQ-C](#).



Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

- A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

- Atende pré-requisito para A
- Atende pré-requisito para B
- Atende pré-requisito para C
- A edificação possui isolamento de tubulações
- Este pré-requisito não se aplica à edificação
- Não atende

---

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 6  Cidade Campo Grande MS

Pré-requisitos

U <sub>COB-AC</sub>	0.53	W/(m <sup>2</sup> K)	α <sub>COB</sub>	5	%
U <sub>COB-ANC</sub>	0.53	W/(m <sup>2</sup> K)	CT <sub>PAR</sub>	0	kJ/(m <sup>2</sup> K)
U <sub>PAR</sub>	2.39	W/(m <sup>2</sup> K)	α <sub>PAR</sub>	20	%
PAZ	0	%	FS	0	

Calcular Eficiência    Limpar

Dados Dimensionais da Edificação

A <sub>TOT</sub>	487.70	m <sup>2</sup>
A <sub>PCOB</sub>	487.70	m <sup>2</sup>
A <sub>PE</sub>	487.70	m <sup>2</sup>
V <sub>TOT</sub>	1828.90	m <sup>3</sup>
A <sub>ENV</sub>	1354.76	m <sup>2</sup>

Características das Aberturas

FS	0.82
PAF <sub>T</sub>	11.12 %
PAF <sub>O</sub>	0 %
AVS	28 °
AHS	0 °

**B**

## Iluminação

Por áreas do edifício  Por atividades do edifício

## Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos  Atende  Não atende

Contribuição da luz natural  Atende  Não atende  Não se aplica

Desligamento automático  Atende  Não atende  Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m <sup>2</sup> ]
1	Academia ▼	- 18 +	400	254.60
			80	30.73
			40	9.87
			40	20.45
			40	20.45
			40	12.65
			40	7.51
			40	7.06
			40	6.26
			40	6.26
			40	7.04
			40	6.26
			40	6.26
			80	50.38
			400	241.44
			40	16.33
			80	44.55
			40	10.07
2	Escritório ▼	- 1 +	200	41.93

Calcular Eficiência

Limpar



\* Desde que observados os pré-requisitos de desligamento automático do sistema de iluminação, contribuição da luz natural e divisão dos circuitos

## Condicionamento do Ar

## Pré-Requisitos Gerais

- Possui isolamento de tubulações  
 Não possui isolamento de tubulações

## Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	SUBTENÊNCIA	- 1 +	split ▼	30000	3.24	A
2	VESTIÁRIO ST/SGT	- 1 +	split ▼	30000	3.24	A
3	VESTIÁRIO SEG FEM	- 1 +	split ▼	9000	3.26	A
4	VESTIÁRIO OFICIAIS	- 1 +	split ▼	9000	3.26	A
5	VESTIÁRIO CB/SD	- 1 +	split ▼	30000	3.24	A

## Condicionadores de ar não etiquetados

	- Condicionador de ar +	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1			A ▼	<input type="checkbox"/> Visualizar	

AU  m<sup>2</sup> ?AC  m<sup>2</sup> ?

**Bonificações**

Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água.	Economia : 50 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água).	Economia : 60 %
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica).	Economia : 0 %
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas.	Economia : 0 %
Elevadores.	Classificação VDI 4707 : - ▾

**Etiqueta Geral**

APT  m<sup>2</sup> ?

ANC  m<sup>2</sup> ?

EqNumV  ?

b  ?

Pontuação: 5.92

**A** 

simulacao nov... leste.wpres

*Desenvolvido pela equipe do [Projeto S3E](#) dentro do Convênio FINEP 01.09.0440.00/CT-Energia/Ref.:0509/08  
Computação gráfica: Leonardo Mecabô e Karran Besen*

Fonte: autor, 2018.

Tabela 31 - Cálculo do ICenv para a Edificação lado Leste dos Pav CCAp a serem construídos.

<b>Eficiência</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>lim. mín.</b>	-	336,58	400,72	404,87	409,01
<b>lim. máx.</b>	336,57	400,71	404,86	409,00	-

<b>Indicador de Consumo (adimensional)</b>	ICenv	398,85
--	-------	--------

Fonte: autor, 2018.

Com esse indicador de consumo da envoltória calculado, é atingida a eficiência nível “B” para a envoltória.

#### 4.5.2 Resultados obtidos para a Edificação do Lado Oeste do Pav CCAp

Para os Pav CCAp a serem construídos, sendo considerada a Edificação Lado Oeste, foi obtida **pontuação geral de 5,77. Tal pontuação foi suficiente para o atingimento do nível “A” em EEE uma vez que a pontuação mínima para o nível “A” em EEE é de 4,50.**

Assim como na Edificação Lado Leste, foi possível observar que o nível de EEE obtido pela envoltória foi “B”, devido ao FS das aberturas que foi de 0,82 (vidro simples com 6 mm de espessura). Caso o mesmo fosse menor ou igual a 0,49 a etiqueta da envoltória passaria para “A”. A solução proposta para que tal edificação atinja o nível “A” em EEE na envoltória é a mesma da Edificação Lado Leste, ou seja, a adoção de vidros refletivos temperados verdes, utilizados em outras edificações militares na cidade de Campo Grande – MS.

Contudo, mesmo com a envoltória obtendo nível “B” em EEE, uma vez que o sistema de iluminação e o de condicionamento de ar obtiveram nível “A” em EEE, **a pontuação final foi suficiente para a obtenção do nível “A” em EEE.**

Os parâmetros e os resultados podem ser verificados conforme Figura 58 e Tabela 32 extraídas do *software* Webprescritivo e das planilhas modificadas da QUALI-A, 2018, respectivamente.

Figura 58 - Resultado do nível de EEE obtido pela Edificação Lado Oeste do Pav CCAp a ser construído.

**WebPrescritivo**

O webprescritivo é uma Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C. O objetivo dessa ferramenta não é obter uma etiqueta de conservação de energia, mas sim automatizar os procedimentos de avaliação da edificação conforme o RTQ-C. Para maiores detalhes, acesse o website do [PBE EDIFICA](#) ou baixe diretamente o [RTQ-C](#).



Pré-requisitos gerais

Circuitos elétricos

- A edificação possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final
- A edificação não possui circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final ou não se aplica

Aquecimento de água

- Atende pré-requisito para A
- Atende pré-requisito para B
- Atende pré-requisito para C
- A edificação possui isolamento de tubulações
- Este pré-requisito não se aplica à edificação
- Não atende

Envoltória

Localização

Zona Bioclimática ZB 6  Cidade Campo Grande MS

Pré-requisitos

$U_{COB-AC}$	0.53	W/(m <sup>2</sup> K)	$\alpha_{COB}$	5	%
$U_{COB-ANC}$	0.53	W/(m <sup>2</sup> K)	$CT_{PAR}$	0	kJ/(m <sup>2</sup> K)
$U_{PAR}$	2.39	W/(m <sup>2</sup> K)	$\alpha_{PAR}$	20	%
PAZ	0	%	FS	0	

Calcular Eficiência    Limpar

Dados Dimensionais da Edificação

$A_{TOT}$	467.80	m <sup>2</sup>
$A_{PCOB}$	467.80	m <sup>2</sup>
$A_{PE}$	467.80	m <sup>2</sup>
$V_{TOT}$	1754.25	m <sup>3</sup>
$A_{ENV}$	1354.76	m <sup>2</sup>

Características das Aberturas

FS	0.82
$PAF_T$	11.12 %
$PAF_O$	0 %
AVS	28 °
AHS	0 °

**B**

## Iluminação

Por áreas do edifício  Por atividades do edifício

## Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos  Atende  Não atende

Contribuição da luz natural  Atende  Não atende  Não se aplica

Desligamento automático  Atende  Não atende  Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m <sup>2</sup> ]
1	Academia ▼	- 18 +	40	20.45
			40	20.45
			40	8.76
			40	8.74
			40	4.38
			40	2.90
			40	3.94
			40	2.90
			40	8.99
			40	3.17
			40	3.83
			40	10.15
			40	10.10
			40	4.92
			40	4.90
		40	10.23	
		40	44.55	

2	Escritório ▼	- 9 +	200	41.66
			200	41.83
			200	41.76
			80	11.57
			80	11.52
			280	63.07
			80	19.92
			120	28.59
			120	31.07
3	Escola/Universidade ▼	- 1 +	280	62.61

Calcular Eficiência    Limpar

**A**

\* Desde que observados os pré-requisitos de desligamento automático do sistema de iluminação, contribuição da luz natural e divisão dos circuitos

Condicionadores de ar etiquetados

	- Ambiente +	Nº. de Unidades	Tipo	Capacidade [BTU/h]	Eficiência [W/W]	Etiqueta
1	2ª TURMA MNT MAT CC	- 1 +	split ▼	30000	3.24	A
2	PELOTÃO DE APOIO	- 1 +	split ▼	30000	3.24	A
3	1ª TURMA MNT MAT CC	- 1 +	split ▼	30000	3.24	A
4	CH PELOTÃO DE APOIO	- 1 +	split ▼	12000	3.45	A
5	CH PELOTÃO DE MANUTEI	- 1 +	split ▼	12000	3.45	A
6	PELOTÃO DE MANUTEI	- 1 +	split ▼	30000	3.24	A
7	PC CMT	- 1 +	split ▼	18000	3.26	A
8	VESTIÁRIO/ALOJAMEN	- 1 +	split ▼	9000	3.26	A
9	RACK TI	- 1 +	split ▼	18000	3.26	A
10	FURRIEL	- 1 +	split ▼	24000	3.24	A
11	SARGENTEAÇÃO	- 1 +	split ▼	24000	3.24	A
12	SALA DE INSTRUÇÕES	- 3 +	split ▼	30000	3.24	A
			split ▼	30000	3.24	A
			split ▼	30000	3.24	A

Condicionadores de ar não etiquetados

	- Condicionador de ar +	Capacidade [BTU/h]	Nível de eficiência	Pré-requisitos	Classe de eficiência
1			A ▼	<input type="checkbox"/> Visualizar	

AU  m<sup>2</sup> ?  
AC  m<sup>2</sup> ?

**A**

Bonificações

Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso de água. Economia :  %  
Sistemas ou fontes renováveis de energia (aquecimento de água). Economia :  %  
Sistemas ou fontes renováveis de energia (energia eólica ou fotovoltaica). Economia :  %  
Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas. Economia :  %  
Elevadores. Classificação VDI 4707 :  ▼

Etiqueta Geral

APT  m<sup>2</sup> ?  
ANC  m<sup>2</sup> ?  
EqNumV  ?  
b  ?

Pontuação: 5.77

**A**

simulacao no... oeste.wpres

*Desenvolvido pela equipe do [Projeto S3E](#) dentro do Convênio FINEP 01.09.0440.00/CT-Energia/Ref.:0509/08  
Computação gráfica: Leonardo Mecabô e Karran Besen*

Tabela 32 - Cálculo do ICenv para a Edificação lado Oeste dos Pav CCAp a serem construídos.

<b>Eficiência</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>lim mín</b>	-	396,58	400,72	404,87	409,01
<b>lim máx</b>	396,57	400,71	404,86	409,00	-

<b>Indicador de Consumo (adimensional)</b>	ICenv	398,85
--	-------	--------

Fonte: autor, 2018.

Com esse indicador de consumo da envoltória calculado, é atingida a eficiência nível “B” para a envoltória.

#### 4.6 CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DOS PAV CCAp

Nesta etapa, torna-se necessário realizar o cálculo dos custos envolvidos na construção dos Pav CCAp. Para que fosse possível a comparação, foram calculados os custos de cada um dos dois modelos de Pav CCAp, por m<sup>2</sup>.

As metodologias de cálculo seguiram as diretrizes da Diretoria de Obras Militares (DOM), assim como de todas as demais legislações federais que regem a orçamentação de obras públicas no Brasil. As planilhas orçamentárias e as composições de custos unitários estão dispostos nos APÊNDICES E, F e I.

A Tabela 33 mostra o consumo estimado de energia elétrica considerando-se apenas os sistemas de condicionamento de ar e de iluminação. Para a estimativa de consumo mensal de energia elétrica dos aparelhos de condicionamento de ar, foram considerados os consumos previstos pelo INMETRO para condicionadores de ar *Split Hi-Wall* com rotação fixa (INMETRO, 2018).

Através dos dados de entrada do *software* Webprescritivo, fornecidos para o cálculo da EEE para os Pav CCAp já existentes e para os Pav CCAp a serem construídos, foi possível prever os consumos mensais de energia elétrica pelo sistema de iluminação e pelo sistema de condicionamento de ar.

Tabela 33 – Resumo do consumo de energia elétrica dos antigos e dos novos projetos dos Pav CCAp

<b>CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>					
<b>SISTEMA</b>		<b>Pav CCAp JÁ EXISTENTES (kWh/mês)</b>	<b>Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS (kWh/mês)</b>	<b>DIFERENÇA (kWh/mês)</b>	<b>REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (%)</b>
SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	DE	15.152,08	2.022,60	13.129,48	86,65
SISTEMA ILUMINAÇÃO	DE	2.625,04	788,48	1.836,56	69,96
<b>TOTAL</b>		<b>17.777,12</b>	<b>2.811,08</b>	<b>14.966,04</b>	<b>84,19</b>

Fonte: autor, 2018.

A Tabela 34 apresenta uma comparação entre os custos, para construção do Pav CCAp já existentes e para os novos Pav CCAp etiquetáveis nível “A” em EEE. Para tal, os custos encontram-se sem a incidência de Bonificações e Despesas Indiretas (BDI), sendo adotada a data de referência para orçamentação de 26 de fevereiro de 2018.

O orçamento do antigo Pav CCAp contemplava o cercamento da área da obra. Tal item foi desconsiderado para que houvesse coerência na comparação entre os orçamentos, uma vez que o novo Pav CCAp não possui tal item no escopo da obra.

O orçamento dos Pav CCAp já existentes é referente ao mês de junho de 2016, devidamente reajustados para os preços referentes à data de 26 de fevereiro de 2018, para que fosse realizada a devida comparação entre os orçamentos. O índice utilizado para atualização dos valores foi o Índice Nacional de Custos da Construção (INCC), em sua versão DI (atualizado conforme preços coletados entre o primeiro e o último dia do mês). O INCC-DI utilizado foi obtido através da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2018).

Tabela 34 - Comparação entre os custos para construção dos Pav CCAp já existentes e para os novos Pav CCAp.

SERVIÇOS		Pav CCAp JÁ EXISTENTES	Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS	DIFERENÇA	REDUÇÃO PERCENTUAL (%)
CUSTO UNITÁRIO OBRA (R\$ / m <sup>2</sup> )	DA	1.948,69	1.676,82	271,87	13,95

Fonte: autor, 2018.

É possível observar que existe redução no valor do custo unitário da obra do novo projeto do Pav CCAp em comparação ao antigo projeto de 13,95%. Ou seja, além do novo projeto ser energeticamente eficiente nível “A”, ainda possui menor custo por metro quadrado para sua construção.

Como o custo de construção por m<sup>2</sup> considerando os novos projetos do Pav CCAp é menor que o custo dos antigos projetos, torna-se desnecessário a realização de análise de Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *payback*. Alguns motivos para tal redução podem ser citados:

- houve diminuição dos custos com fundações, devido à diminuição da carga estrutural da cobertura. A cobertura tinha projeto inicial com telhas cerâmicas (maior carga) e passou a ser prevista com telhas tipo sanduíche (menor carga);

- foram executadas cotações com maior número de empresas, para os insumos da faixa “A” da curva ABC, reduzindo significativamente os custos unitários de tais insumos;

- houve otimização de recursos com relação aos custos indiretos da obra, reduzindo-se o canteiro de obras e os custos com pessoal ao mínimo necessário e suficiente para a execução dos serviços.

Desta forma, foi possível a redução do custo por m<sup>2</sup>, mesmo sendo implementada a eficiência energética nível “A” nos novos Pav CCAp.

## 5 ANÁLISES E DISCUSSÃO

### 5.1 NÍVEIS DE EEE

De posse dos resultados, é possível concluir que os projetos executivos atuais dos Pav CCAp a serem construídos cumpriram o que prescreve a Instrução Normativa nº 02, de 04 de junho de 2014, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, atingindo o nível “A” em EEE.

Importante salientar alguns desafios que surgiram ao longo do presente trabalho antes da obtenção do resultado supracitado:

- convencimento dos superiores hierárquicos, pares e subordinados, da importância do tema do presente trabalho, mostrando a necessidade de mudanças nas atuais metodologias construtivas nas diversas obras em andamento do Exército Brasileiro, em cumprimento à Instrução Normativa nº 02/2014, de 04 de junho de 2014 da SLTI/MPOG;

- execução de curso de etiquetagem em eficiência energética de edificações públicas, com 20 h de duração;

- estudo de quais insumos, métodos construtivos, inovações tecnológicas, entre outros, poderiam ser de fato implementados em projetos energeticamente eficientes, considerando as peculiaridades militares. A capacidade de fornecimento de materiais inovadores pelo comércio também foi avaliada, uma vez que as obras militares são realizadas através de licitações;

- falta de material de consulta na literatura técnica existente no que diz respeito à implementação de eficiência energética em obras militares;

- execução de diversos Documentos Internos do Exército (DIEx) a fim de amparar tais estudos e projetos, lembrando que tais projetos foram efetivamente executados e a obra terá início em 2018, conforme disponibilização de recursos financeiros, seguindo as premissas técnicas elencadas neste trabalho.

Como se trata de obra militar, com uso de recursos públicos para sua execução, a mesma deve seguir os princípios da administração pública, como a economicidade. Assim, coube a análise de quais adaptações poderiam ser acrescentadas aos demais projetos, a fim de que fosse demandado o menor aporte de recursos públicos no Pavilhão para ser etiquetável no nível “A” em EEE.

Para tal, não caberiam, a princípio, mudanças no sistema de iluminação e nem no sistema de condicionamento de ar, uma vez que tais sistemas foram integralmente aceitos pelo Escalão Superior, devido às economias geradas ao erário, em curto e médio prazo, seguindo as legislações que regem a administração pública.

Ou seja, o uso de lâmpadas LED na totalidade da edificação, divisão de circuitos, aproveitamento de luz natural, cobrimento das tubulações e uso de equipamentos de condicionamento de ar tipo Split nível “A” em eficiência energética deverão estar previstos em todos os futuros projetos para construção de Pav CCAp, o mesmo valendo para a previsão de uso de parede com cobogós na fachada Oeste e o sombreamento das aberturas em toda a edificação com as varandas, considerando as obras a serem executadas na ZB 6.

Contudo, quanto à envoltória, a análise simulacional através do *software* Energy Plus poderia trazer maior economia de recursos para obtenção do nível “A” em EEE, uma vez que tal metodologia de cálculo difere do método usado no presente trabalho, qual seja, o método prescritivo pela consideração dos efeitos da ventilação natural, dentre outros fatores.

Cabe ressaltar que, após a obra, deverá ser comprovada a eficácia das bonificações previstas em projeto.

## **5.2 CUSTOS PARA CONSTRUÇÃO DOS PAV CCAp**

É possível observar a significativa redução no consumo de energia elétrica no sistema de condicionamento de ar (86,65%) e no sistema de iluminação (69,96%), o que resulta em uma redução total no consumo de 84,19%. Importante salientar que não foi considerada a redução no consumo de energia elétrica proporcionada pelo não uso de chuveiros elétricos nos futuros Pav CCAp, o que aumentaria ainda mais a redução no consumo.

As diferenças entre os valores totais de serviços da Tabela 33 entre os antigos e os novos Pav CCAp são relativas às alterações de projeto propostas, a fim de que tais edificações pudessem obter nível “A” em EEE. Tais alterações atenderam, inclusive, as necessidades do Exército Brasileiro e cumpriram as legislações em vigor pertinentes ao correto uso de recursos públicos.

É possível observar que os novos Pav CCAp possuem custo de construção por m<sup>2</sup> menores que os antigos Pav CCAp. Ou seja, mesmo com as implementações das mudanças necessárias para a obtenção do nível “A” em EEE, ocorreu economia de recursos públicos. Os motivos para tais reduções de custos por m<sup>2</sup> devem-se aos seguintes fatores:

- realização de cotações com maior número de empresas principalmente para os insumos e serviços da faixa “A” da curva ABC;
  - diminuição das cargas estruturais devido à mudança na estrutura da cobertura de telha cerâmica para telha tipo “sanduíche”;
  - otimização do canteiro de obras de forma geral, havendo grande redução de sua área para o mínimo possível, porém, com cumprimento das normas pertinentes em vigor;
  - mudança no tipo de piso e rodapés, que passou de porcelanato para granilite.
- A redução no valor total da obra também pode ser atribuída aos seguintes fatores:
- redução na área total construída, causando redução nos custos diretos e indiretos da obra;
  - redução nas horas de engenheiro de 8h diárias para 1h diária por determinação da DOM (dependendo do tipo de serviço).

A diferença entre as previsões de consumo de energia elétrica são significativas entre os antigos e os novos Pav CCAp, onde a economia gerada pela implementação dos novos projetos chegam a 14.966,04 kWh/mês.

Considerando-se o custo do kWh em R\$ 0,281392 (custo da cobrado pela concessionária de energia elétrica ao Exército – Tarifa Horária Verde em fora de ponta), a economia obtida com a implementação dos novos projetos executivos para os Pav CCAp resulta em R\$ 4.211,32 por mês com energia elétrica (valores para a data de 26 de fevereiro de 2018).

Outra implementação que poderia ser realizada no antigo projeto do Pav CCAp seria a substituição dos fechamentos externos e internos em alvenaria por metodologia construtiva em *steel frame*. Dessa forma, realizou-se o orçamento também um orçamento com tal metodologia para fins de comparação. Nota-se, entretanto, que não foi realizado o cálculo de EEE para este tipo de metodologia construtiva. Contudo, foi realizada comparação de custos de construção por m<sup>2</sup>, conforme Tabela 35.

Tabela 35 - Comparação entre os custos para construção dos Pav CCAp com projeto antigo e fechamento em *steel frame* e os novos Pav CCAp.

SERVIÇOS	ANTIGO Pav CCAp COM <i>STEEL FRAME</i>	Pav CCAp A SEREM CONSTRUÍDOS	DIFERENÇA	REDUÇÃO PERCENTUAL (%)
CUSTO UNITÁRIO DA OBRA (R\$ / m <sup>2</sup> )	1.741,82	1.676,82	65,00	3,73

Fonte: autor, 2018.

É possível observar que a diferença de custos por m<sup>2</sup> entre o antigo Pav CCAp, considerando a metodologia construtiva em *steel frame*, e os novos Pav CCAp é pequena (3,73%). Como os parâmetros de condutividade térmica dos materiais constituintes da metodologia construtiva em *steel frame* são mais favoráveis à maior eficiência energética, é possível prever que a economia em energia elétrica seria ainda maior caso fosse adotada tal metodologia construtiva nos novos projetos dos Pav CCAp, considerando a ZB 6.

A Tabela 36 resume as principais alterações realizadas nos projetos do Pav CCAp.

Tabela 36 - Resumo das principais alterações realizadas nos projetos do Pav CCAp

PRINCIPAIS ALTERAÇÕES REALIZADAS NO PROJETO DO PAV CCAp	
PAV CCAp JÁ EXISTENTE	PAC CCAp A SER CONSTRUÍDO
Sem consideração do posicionamento da edificação em relação à trajetória solar	Consideração do posicionamento da edificação em relação à trajetória solar
Pouco ou nenhum sombreamento das aberturas	Aumento do sombreamento de todas as aberturas, inclusive com uso de cobogós em toda a fachada Oeste
Cobertura com telhas cerâmicas (além de maior condutividade térmica, possuía maior carga sobre as fundações), com pequena câmara de ar.	Cobertura com telhas sanduíche (além de menor condutividade térmica, possui menor carga sobre as fundações), com maior câmara de ar, proporcionando a criação de uma laje técnica, para posicionamento dos condensadores.
Cobertura em apenas um nível, com câmara de ar confinada	Cobertura em dois níveis, com abertura para ventilação cruzada, dissipando o calor armazenado na câmara de ar
Pavimentação em CAUQ próxima às aberturas	Afastamento da pavimentação em relação às aberturas, com implementação de cobertura vegetal nas proximidades das aberturas

Uso de chuveiros elétricos	Uso de chuveiros com aquecimento através de coletores solares
Uso de lâmpadas fluorescentes	Uso de lâmpadas LED
Não aproveitamento da luz natural na separação de circuitos elétricos	Aproveitamento da luz natural na separação de circuitos elétricos
Não havia divisão de circuitos elétricos por uso final	Há divisão de circuitos elétricos por uso final
Especificação de aparelhos de condicionamento de ar apenas pelos Btu's	Especificação de aparelhos de condicionamento de ar pelos Btu's e pela sua eficiência energética
Não havia isolamento das tubulações dos sistemas de condicionamento de ar	Os isolamentos das tubulações dos sistemas de condicionamento de ar obedecem aos parâmetros do RTQ-C
Uso de torneiras comuns nos banheiros e copa	Uso de torneiras temporizadas
Uso de privadas comuns	Uso de privadas com separador de demanda de descarga
A água pluvial era lançada diretamente no sistema de drenagem público	A água pluvial será lançada em uma bacia de retenção, onde o desnível topográfico do terreno promoverá o giro de uma roda d'água, que bombeará a água para uma caixa d'água para fins de lavagem de viaturas (250 viaturas)
Todo o esgoto era lançado diretamente no sistema público	Todo o esgoto será tratado através de uma ETE local

Fonte: autor, 2018.

A Tabela 37 resume os principais resultados obtidos com as alterações nos projetos do Pav CCAP.

Tabela 37 - Resumo dos principais resultados obtidos com as mudanças nos projetos do Pav CCAP

SISTEMA	Pav CCAP JÁ EXISTENTES (kWh/mês)	Pav CCAP A SEREM CONSTRUÍDOS (kWh/mês)	OBS
NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	D	A	O Novo Pav CCAP passa a obedecer à IN 02/2014 do MPOG
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (kWh/mês)	17.777,12	2.811,08	84,19% menor que o consumo atual
CUSTO DE CONSTRUÇÃO (R\$/m²)	1.948,69	1.676,82	13,95% menor que o custo atual

Fonte: autor, 2018.

### 5.3 SOFTWARE WEBPRESCRITIVO

O *software* Webprescritivo demonstrou ser uma excelente ferramenta para o cálculo do nível de EEE, possuindo interface de simples compreensão e com elevada confiabilidade nos dados emanados. Contudo, algumas sugestões de melhoria podem ser citadas como:

- apresentação da memória de cálculo do  $IC_{env}$ ;
- apresentação do limite para FF, conforme a Zona Bioclimática;
- automatizar a escolha da transmitância da cobertura com uso de telhas cerâmicas,

uma vez que é o tipo de cobertura mais usado no Brasil;

- possibilitar que, caso a edificação tenha sido construída anteriormente ao ano de 2009, o pré-requisito geral de divisão de circuitos elétricos com possibilidade de medição centralizada por uso final não seja obrigatória, possibilitando o atingimento dos níveis “A” e “B” em EEE. Nota-se que no *software* Webprescritivo, a opção para tal exigência está na mesma opção para a edificação que não atende tal pré-requisito. Tal fato permite apenas a classificação máxima “C” em EEE, mesmo que uma edificação antiga cumpra todos os demais requisitos e parâmetros para atingimento do nível “A” em EEE, conforme o Manual de Aplicação do RTQ-C.

### 5.4 RTQ-C

É sugerida a criação de uma legislação especial para a avaliação da eficiência energética das obras militares, devido aos seguintes fatores:

As edificações militares são públicas. Desta forma, devem seguir o preconizado na Instrução Normativa nº 02/2014, de 04 de junho de 2014 da SLTI/MPOG, que dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores pela Administração Pública Federal (APF) Direta, Autárquica e Fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*.

Contudo, as obras militares possuem uma série de especificidades técnicas que dificultam sobremaneira o cumprimento de tal Instrução Normativa, uma vez que devem atender princípios de construções bélicas. Desta forma, a sugestão é que, para obras militares, seja adotado uma metodologia para verificação de nível de EEE baseada apenas na redução do consumo de energia elétrica e de água, sendo verificado o consumo histórico de tais itens por homem e sendo definidas metas bienais a serem cumpridas pelas Forças Armadas (redução de consumo por homem).

Um problema burocrático não estimula os comandantes de Organizações Militares (OM) a reduzirem o consumo com as concessionárias de água e energia elétrica, qual seja: caso o Comandante da OM reduza o consumo em um ano “A”, no ano “A+1” ele receberá menos recursos do Governo Federal para concessionárias. Ou seja, a economia gerada pelo Comandante da OM não retorna para a OM. Como sugestão, os recursos economizados por tal redução de consumo poderiam ser utilizados em proveito da própria OM, estimulando o consumo racional de energia elétrica e água.

A sustentabilidade e o conforto térmico não possuem indicadores de avaliação, como a eficiência energética. A adoção de legislações e o aumento da fiscalização no cumprimento das mesmas, cria condições para a redução do desperdício nas obras públicas, e, por conseguinte, nas obras militares. Assim, é sugerido que sejam emitidas legislações e metas a serem atingidas por todos os membros da APF Direta, Autárquica e Fundacional.

### **5.5 OBRAS MILITARES**

No caso das obras militares, é sugerido que sejam realizados estudos futuros para cálculo de EEE com uso de materiais de construção alternativos, como o *steel frame*, *drywall* e sistemas pré-moldados, em obras que permitam o uso de tais metodologias. Tais estudos, possibilitariam a redução no desperdício de insumos, assim como no tempo de construção, além de proporcionar maior controle no cumprimento de prazos da obra, evitando aditivos de valor e de prazo na construção das edificações militares.

Também é sugerido a realização de projetos energeticamente eficientes para as demais Zonas Bioclimáticas do Brasil, usando o *software* Energy Plus, onde o atual trabalho teve como foco apenas Pav CCAp a serem construídos na Zona Bioclimática 6 (Campo Grande – MS).

A realização de notas técnicas no formato de *vade mecum* por parte da Diretoria de Obras Militares é sugerida a fim de embasar os futuros projetos de edificações militares, onde o conhecimento sobre tal assunto ainda é pouco difundido no âmbito do Exército Brasileiro.

Uma possível dificuldade futura será a contratação de um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) para realização da etiquetagem em todas as obras militares, tanto devido aos custos envolvidos quanto ao elevado quantitativo de obras que necessitarão serem etiquetados, considerando o pequeno número de OIA existentes e com autorização para atuarem em vigor (apenas 02 atualmente).

Neste sentido, torna-se necessário que o Exército Brasileiro torne-se um OIA tipo “B”, podendo realizar etiquetagens em eficiência energética de suas próprias obras, desde que a equipe pertencente ao OIA não esteja diretamente envolvida na execução dos projetos sob análise.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho cumpriu seu objetivo geral, qual seja, implementar técnicas de eficiência energética e sustentabilidade no projeto de construção de um pavilhão militar do Exército Brasileiro (Pav CCAp do 9º B Com GE), sendo realizada avaliação técnica e econômica.

As implementações supracitadas foram executadas ao longo dos anos de 2016 e 2017, sendo realizados pequenos ajustes finais ainda no ano de 2018, como constam nos Apêndices de “A” a “K”, inclusive.

Ocorreram mudanças em normas técnicas internas do Exército conforme Apêndice “L” e Anexos “J” e “K”, ao longo dos anos de 2016 e 2017, a fim de que os novos projetos de edificações militares fossem adequados à EEE.

Foi apresentada uma proposta de projeto executivo do Pav CCAp do 9º Batalhão de Comunicações e Guerra Eletrônica, no Município de Campo Grande - MS, onde tal projeto possui todas as premissas para sua futura etiquetagem nível “A” em eficiência energética;

A avaliação financeira foi facilitada devido ao custo dos novos Pav CCAp serem menores que os custos dos antigos Pav CCAp, o que torna imediata a conclusão de sua viabilidade. A adoção da metodologia construtiva em *steel frame* pode tornar tal viabilidade financeira ainda maior.

Torna-se essencial a continuidade de realização de estudos e projetos militares energeticamente eficientes, visando não apenas o cumprimento da legislação vigente, mas também o reforço do compromisso secular do Exército Brasileiro com a preservação dos recursos naturais do Brasil.

Para tal, os recursos financeiros que não fossem utilizados junto às concessionárias de energia elétrica e água devido à implementação da EEE deveriam retornar à OM como incentivo aos seus comandantes. Por isso, sugere-se que sejam realizadas alterações nas legislações em vigor que tratam de recursos financeiros de concessionárias.

Nos moldes atuais, a economia conseguida faz com que haja redução dos recursos que seriam descentralizados para concessionárias de energia e água no próximo exercício financeiro, sendo motivo de desestímulo à implementação da EEE.

Com relação ao consumo de energia elétrica, quando comparados os antigos e os novos projetos dos Pav CCAp, houve redução de 86,65% no sistema de condicionamento de

ar, 69,96% no sistema de iluminação, totalizando redução de 84,19% no consumo de energia elétrica (14.966,04 kWh por mês).

Com as melhorias implementadas no processo de orçamentação por parte da equipe técnica da Comissão de Obras do 3º Grupamento de Engenharia do Exército Brasileiro, responsável pela execução dos projetos do Pav CCAp, mesmo com a execução de projetos energeticamente eficientes, houve redução no custo por metro quadrado de 13,95%, tornando os novos projetos viáveis tanto tecnicamente quando financeiramente.

Os Apêndices e Anexos seguem em formato digital a fim de que não haja impressão excessiva de documentos, onde os que possuem classificação sigilosa reservada serão entregues unicamente às autoridades militares.

## 7 BIBLIOGRAFIA

ACORE (AMERICAN COUNCIL ON RENEWABLE ENERGY). *Renewable Energy for Military Installations: 2014 Industry Review*. Washington, DC. EUA: ACORE, 2014.

ANSI – AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. *ANSI/ASHRAE 74: Method of measuring solar optical properties of materials*. Atlanta, 1988.

ALLMAS® - *Green Steel Homes*. 2016. Disponível em:  
<<http://www.allmas.com.br/imoveis-comerciais-em-steel-frame>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *E1918 – 06: Standard test method for measuring solar reflectance of horizontal and low-sloped surfaces in the field*. ASTM International, 2006.

\_\_\_\_\_. *E903 – 12: Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres*. ASTM International, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS – ABRAVIDRO. *Vidro low-e (baixo emissivo)*. 2017. Disponível em: <<http://abravidro.org.br/vidros/vidro-low-e-low-emissivty-glass/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR PROJETO 02:135.07-001/2: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2003. 23 p.  
. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2003.

BLINDEX. *Vidro refletivo temperado*. 2017. Disponível em:  
<<http://www.blindex.com.br/produtos/opcoes-de-vidro-temperado/vidro-refletivo-temperado>>. Acesso em: 10 set. 2017.

BOOTH, S. *et al. Net Zero Energy Military Installations: A Guide to Assessment and Planning*. Colorado. EUA: NREL, 2010.

BRASIL. Decreto nº 99.656, de 26 de outubro de 1990. **Cria a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE)**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 3.330, de 06 de janeiro de 2000. **Define Meta de Redução de Consumo de Energia nos órgãos Públicos Para Iluminação, Refrigeração e Arquitetura Ambiental**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002. **Define Níveis Mínimos de Eficiência Energética de Motores Elétricos**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 0-006, de 08 de dezembro de 1993. **Institui o selo verde de eficiência energética**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 19.147, de 14 de novembro de 2000. **Dispõe sobre a redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. **Estabelece níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, para máquinas e aparelhos fabricados ou comercializados no país. Regulamenta a Lei 10.295 e institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE)**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 45.643, de 26 de janeiro de 2001. **Estabelece procedimentos para aquisição de lâmpadas de alto rendimento**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 21.806, de 26 de julho de 2002. **Torna obrigatória a adoção do caderno de encargos para eficiência energética em prédios públicos**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.746, de 05 de junho de 2012. **Regulamenta o Art 3º da Lei Nº 8666/93, com critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela APF, e institui a Comissão**

**Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Diretoria de Obras Militares - DOM. **Estrutura Organizacional.** 2017. Disponível em: <<http://www.dom.eb.mil.br/index.php/estrutura-organizacional>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. INMETRO. **PBE: PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL COM ROTAÇÃO FIXA.** Brasília, DF. ELETROBRAS, 2017. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_split\\_hiwall\\_indicenovo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indicenovo.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. Instrução Normativa nº 01/2010, de 2010. **SLTI – Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal (APF), Direta, Autárquica e Fundacional.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Instrução Normativa nº 10/2012, de 2012. **SLTI – Estabelece regras para elaboração dos planos de gestão de logística sustentável de que trata o Art 16º do Decreto Nº 7.746 de 05 de Junho de 2012 e dá outras providências.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Instrução Normativa nº 02/2014, de 04 de junho de 2014. **SLTI – Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores pela APF Direta, Autárquica e Fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6880, de 09 de dezembro de 1980. **Dispõe sobre o Estatuto dos Militares.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10295, de 17 de outubro de 2001. **Dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10334, de 19 de dezembro de 2001. **Trata da fabricação e da comercialização de lâmpadas incandescentes.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10438, de 29 de abril de 2002. **Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Lei nº 14459, de 03 de julho de 2007. **Dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Normas para Elaboração de Projetos de Aquartelamentos (NOR-203-01-92), 1992 – **Estabelece normas para programas e especificações genéricas a serem obedecidas na elaboração de projetos de aquartelamentos, conforme estabelecido no Art. 22, das Instruções Gerais para o planejamento e a execução de Obras Militares do Ministério do Exército (IG 50-03, Port Min nº 689, de 20 Jul 88).** Distrito Federal, DF.;

\_\_\_\_\_. Portaria Interministerial nº 1877, de 30 de dezembro de 1985. **Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 001, de 13 de agosto de 1998. **Cria grupo de trabalho para estudar a eficiência energética.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 46, de 07 de março de 2001. **Cria o Comitê de Acompanhamento das Metas de Conservação de Energia.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 113, de 15 de março de 2002. **Estabelece Meta de Consumo para os Órgãos Públicos.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria Interministerial nº 553, de 08 de dezembro de 2005. **Define os índices mínimos de rendimento nominal dos motores elétricos de indução trifásicos.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria Interministerial nº 132, de 12 de junho de 2006. **Aprova regulamentação para lâmpadas fluorescentes compactas.** Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **INMETRO – Aprova os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 395, de 11 de outubro de 2010. **Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C)**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013. **INMETRO – Aprova o aperfeiçoamento dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Portaria Normativa nº 15/MD, de 04 de abril de 2018 – **Aprova a política de obtenção de produtos de defesa**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE. 2017. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/sobre>>. Acesso em: 10 set. 2017.

\_\_\_\_\_. Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE. **Pavilhão Comando do 5º RCC**. 2014. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/edificios-etiquetados/comercial/2014/pavilhao-comando-5.jpg>>. Acesso em: 24 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. Projeto de Lei nº 1045, de 2006. **Torna obrigatório o uso de tubulação que permita a adoção de sistema de aquecimento solar**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Resolução nº CC-23, de 18 de março de 2004. **Institui Grupo Técnico para estudar e propor melhores práticas de projeto e técnicas de gestão de sistemas no uso da energia elétrica**. Distrito Federal, DF.

\_\_\_\_\_. Resolução nº CC-64, de 29 de setembro de 2005. **Define denominação do Grupo Técnico do Comitê de Qualidade da Gestão Pública**. Distrito Federal, DF.

CARLO, J; LAMBERTS, R. *Development of envelope efficiency labels for commercial buildings: effect of different variables on electricity consumption*. ELSEVIER: *Energy and Buildings*. Vol. 40 Issue 11, p2002-2008. 7p. 2008.

CINTRA, M. S. (Distrito Federal). Quali-a. **Introdução à etiquetagem de edifícios comerciais, de serviços e públicos**: Porto Alegre: Apresentação em Slides, 2016. 184 slides, color.

DERU, M. *et al. Improving Energy Performance of Army Dining Facilities*. ASHRAE Transactions . Vol. 115 Issue 2, p1013-1031. 19p. 2009.

ELETROBRAS. **MANUAL DE APLICAÇÃO DO RTQ-C**: Manual de Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Versão 2 ed. Rio de Janeiro, 2016.

FAUSTINO, Thiago. **Projeto Executivo Arquitetônico do Pavilhão CCAp do 9º B Com GE**. Campo Grande: CO/3º Gpt E, 2018.

FGV. **INCC: Índice Nacional de Custos da Construção**. 2018. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92B7684C11DF>>. Acesso em: 04 maio 2018

FORAN. **Reaproveitamento de água**. 2016. Disponível em: <<http://foran.com.br/produtos/sistema-de-bombeamento-filtragem-e-reaproveitamento-de-agua?gclid=CMfn88mZzMwCFYEJkQodOdsFsA>>. Acesso em: 08 maio 2016.

GAMMACHE, Nathan J. *Determining the return of energy efficiency investments in domestic and deployed military installations*. Monterey, CA, EUA: CALHOUN, 2007.

GOOGLE (GOOGLE MAPS). 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-20.4397049,-54.6458227,452m/data=!3m1!1e3>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

GOUVÊA, L. **Tudo que ainda não te contaram sobre o Steel Frame: descubra a Verdade aqui**. 2015. Disponível em: <<http://fastcon.com.br/blog/steel-frame/>>. Acesso em: 26 out. 2016.

GUNASEKARA, Surya G. *A Sticky Situation: Oil Sands, Alternative Fuels, Energy Security and the EISA Section 526 Petroleum Procurement Problem*. George Washington Journal of Energy & Environmental Law, Vol. 3, 2012.

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES.

Universidade Federal de Santa Catarina. **Métodos de Etiquetagem**. 2017. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/s3e/metodos-de-etiquetagem>>. Acesso em: 10 set. 2017.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. Editora ELETROBRAS. [3.ed.] Rio de Janeiro, RJ, 2014.

LANGNER, R. *etal. Extremely Low-Energy Design for Army Buildings: Tactical Equipment Maintenance Facility*. Colorado. EUA: NREL 2012.

MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (Município). Decreto Municipal nº 49.148, de 21 de janeiro de 2008. **Regulamenta A Lei 14.459 de 3 de Julho de 2007 Que Dispõe Sobre A Instalação de Sistema de Aquecimento Solar no Município de São Paulo**. São Paulo, SP.

NARESSI, Ademir. **13º R C Mec sediará o 15º campeonato internacional de equitação “Forte Anhanguera”**. 2014. Disponível em: <<http://www.reporternaressi.com.br/noticia.php?noticia=9290>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. *Global mean estimates based on land and ocean data*. 2016. Disponível em: <<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>>. Acesso em: 30 out. 2016.

NOBRE, C. et al. *“The Record Drought and Water Crises of Summer 2014 in Southeastern Brazil”*, in *Bulletin of the American Meteorological Society (accepted)*, 2015.

OSCIP, Ecolmeia. **Programa Selo Verde**. 2008. Disponível em: <<http://ecolmeia.org.br/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

PEREIRA, Victor Hugo Velasquez; PEREIRA, Ivaldo. **Hoje o 10º R C Mec homenageia os 200 anos de Pedro Rufino e o dia do Exército**. 2016. Disponível em:

<<http://jornaltribunadafronteira.com.br/hoje-o-10-rc-mec-homenageia-os-200-anos-de-pedro-rufino-e-o-dia-do-exercito/>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

REVISTA AU - ARQUITETURA E URBANISMO: **Competitivas para aplicação em grandes áreas e disponíveis em diferentes materiais e formatos, as telhas metálicas se destacam pela estanqueidade e versatilidade.** São Paulo, SP: PINI, n. 215, dez. 2011. Mensal. Disponível em: <<http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/215/conheca-as-principais-tipos-de-telhas-metalicas-e-suas-aplicacoes-250179-1.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2017.

REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO - NEGÓCIOS DE INCORPORAÇÃO E CONSTRUÇÃO: **Pavimento intertravado de concreto X pavimento asfáltico.** São Paulo, SP: PINI, n. 125, dez. 2011. Mensal. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/125/artigo299124-1.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2017.

REVISTA TÉCNICA: **Sistema de reuso das águas cinzas.** São Paulo, SP: Pini, n. 98, maio 2005. Mensal. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/98/artigo287375-1.aspx>>. Acesso em: 10 set. 2017.

RHINO. **Piso intertravado para pavimento de concreto.** 2017. Disponível em: <[http://www.rhinopisos.com.br/site/produtos/11/bloco\\_retangular\\_piso\\_intertravado\\_pavimento\\_concreto](http://www.rhinopisos.com.br/site/produtos/11/bloco_retangular_piso_intertravado_pavimento_concreto)>. Acesso em: 10 set. 2017.

SANDRA, E. *Renewable Energy Boom Underway at U.S. Military Bases.* Arlington, VA, EUA: NDIA, 2014.

SUDBRACK, Larissa Olivier et al. **INFLUÊNCIA DO TIPO DE VIDRO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA.** Disponível em: <[http://www.qualia.com/wp-content/uploads/2014/04/FERNANDES\\_CINTRA\\_Influencia\\_do\\_tipo\\_de\\_vidro\\_na\\_eficiencia\\_energetica\\_da\\_envoltoria.pdf](http://www.qualia.com/wp-content/uploads/2014/04/FERNANDES_CINTRA_Influencia_do_tipo_de_vidro_na_eficiencia_energetica_da_envoltoria.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

TASCHIBRA. **Luminária fluorescente refletiva**. 2017. Disponível em:

<<http://www.taschibra.com.br/site/web/pt/produto/ta-50-sobrep-28-36-54w>>. Acesso em: 10 set. 2017.

TELHAFORTE. **Telha de Poliuretano**. 2016. Disponível em:

<<http://www.telhaforte.com/site/telha-termo-acusticas>>. Acesso em: 08 maio 2016.

UMSTATTD, Ryan J. *Future energy efficiency improvements within the US department of defense: Incentives and barriers*. *Energy Policy, National Laboratories Technologies Fellow, Air University, Maxwell Air Force Base, Al, USA*, v. 37, n. 8, p.2870-2880, 03 mar. 2009. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509001463?via=ihub>>. Acesso em: 05 maio 2016.

WGSOL. **Vantagens do aquecedor solar a vácuo**. 2017. Disponível em:

<<http://wgsol.com.br/vantagens-do-aquecedor-solar-a-vacu>>. Acesso em: 10 set. 2017.

ZHIVOV, A. *et al. Army Net Zero – Lessons Learned in Net Zero Energy*. Colorado. EUA: NREL 2015.

ZHIVOV, A. *et al. Energy Master Planning toward Net Zero Energy Installation-U.S. Military Academy, West Point*. ASHRAE Transactions; Atlanta 121 (2015): 141-159.

ZHIVOV, A. *et al. Net Zero Building Cluster Energy Systems Analysis for U.S. Army Installations*. ASHRAE Transactions; Atlanta 118 (2012): 751-766.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Planta de Situação do Pav CCAp

APÊNDICE B – Planta de Fachadas

APÊNDICE C – Composição de BDI diferenciado

APÊNDICE D – Composição de BDI

APÊNDICE E – Orçamento de Equipamentos

APÊNDICE F – Orçamento Geral

APÊNDICE G – Memória de Cálculo dos Quantitativos de Serviços Civil e Arquitetura

APÊNDICE H – Memória de Cálculo dos Quantitativos de Serviços de Elétrica

APÊNDICE I – Relatório de Composições de Custos Unitários

APÊNDICE J – Relatório de Cotações de Preços de Mercado

APÊNDICE K – Curva ABC de Insumos e Serviços

APÊNDICE L – Manuais do Programa de Eficiência Energética de Edificações do Exército para todas as ZB do Brasil

APÊNDICE M – Projeto arquitetônico dos antigos Pav CCAp (reservado)

## ANEXOS

ANEXO A – Custo Unitário Básico de Construção (SINDUSCON/MS novembro de 2017)

ANEXO B – Custo Unitário Básico de Construção (SINDUSCON/MS outubro de 2017)

ANEXO C – Anexo V da Portaria INMETRO nº 50/2013

ANEXO D – Tabela INMETRO de Eficiência Energética de Condicionadores de Ar *Split Hi Wall*, 2017

ANEXO E – Cartilha de Práticas Ambientais nas Organizações Militares do Exército

ANEXO F – Guia Nacional de Licitações Sustentáveis

ANEXO G – Livro Defesa e Meio Ambiente do Ministério da Defesa

ANEXO H – Manual Para Etiquetagem de Edificações Públicas

ANEXO I – Noticiário do Exército de 22 de março de 2015 (reservado)

ANEXO J – Compêndio de Documentos Internos do Exército sobre o tema em estudo (reservado)

ANEXO K – Parecer Técnico 2016RT00010 da DOM (reservado)

ANEXO L – Boletim do Exército nº 29/2008 (reservado)

ANEXO M – Caderno de Orientações Para Gestão do Meio Ambiente nas Organizações Militares no Âmbito do Exército Brasileiro (reservado)

ANEXO N – Portaria nº 001 – DEC, de 26 de setembro de 2011 (reservado)