

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Dissertação



Eficiência Energética em Edifícios Públicos no Sul do Brasil:
Aplicação do Método do RTQ-C em Obras Licitadas pelas IFES

Wagner Costa Oliveira

Pelotas, 2018

WAGNER COSTA OLIVEIRA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS NO SUL DO BRASIL:
APLICAÇÃO DO MÉTODO DO RTQ-C EM OBRAS LICITADAS PELAS IFES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Conforto e Sustentabilidade do Ambiente Construído

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha (UFPEL)

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

O11e Oliveira, Wagner Costa

Eficiência energética em edifícios públicos no sul do Brasil : aplicação do método do RTQ-C em obras licitadas pelas IFES / Wagner Costa Oliveira ; Eduardo Grala da Cunha, orientador. – Pelotas, 2018.

154 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Simulação de eficiência energética. 2. RTQ-C.
3. Obras públicas. I. Cunha, Eduardo Grala da, orient.
II. Título.

CDD: 720

Wagner Costa Oliveira

Eficiência Energética em Edifícios Públicos no Sul do Brasil: Aplicação do Método do RTQ-C em Projetos de Obras Licitadas pelas IFES

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 25 de outubro de 2018.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Grala da Cunha (Orientador)

Doutor em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Antônio Cesar Silveira Baptista da Silva

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Isabel Tourinho Salamoni

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra. Rosa Maria Locatelli Kalil

Doutora em Arquitetura pela Universidade de São Paulo

Agradecimentos

Aos meus pais, Beatriz e Marlei, por me proporcionarem as condições físicas e emocionais para chegar até este ponto; pelo amor, pelo carinho e pelo incentivo a buscar meu aprimoramento pessoal e profissional através da educação;

Ao Maurício, meu companheiro, pelo apoio em cada passo da elaboração deste trabalho, ouvindo minhas preocupações e me tranquilizando, assim como pela ajuda durante a escrita do texto;

Ao Prof. Eduardo, meu orientador, pela confiança depositada em mim e pelos valiosos ensinamentos;

Aos colegas do Laboratório de Conforto e Eficiência Energética, pelos breves porém imprescindíveis momentos de troca de experiências e conhecimentos;

A todos vocês, meu mais sincero muito obrigado!

*“All natural and technological processes
proceed in such a way that the availability
of the remaining energy decreases
In all energy exchanges, if no energy
enters or leaves an isolated system
the entropy of that system increases
Energy continuously flows from being
concentrated to becoming dispersed,
spread out, wasted and useless
New energy cannot be created and high grade
energy is being destroyed,
an economy based on endless growth is
unsustainable.”*

Muse, *Unsustainable*

Resumo

As legislações específicas que regem o processo de licitação de obras públicas trazem uma série de recomendações para o gestor público. Dentre estas recomendações, há orientações para que as contratações públicas considerem os aspectos de sustentabilidade e eficiência energética durante a elaboração de projetos de edificações, nas especificações para compras de equipamentos, e na seleção da proposta mais vantajosa dentre os participantes de um certame. Evidencia-se, portanto, uma preocupação da Administração Pública em mitigar o desperdício de energia de prédios públicos governamentais. Mais recentemente, somou-se ao conjunto de legislações a Instrução Normativa 02/2014, do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, que determina que os projetos de edificações e de *retrofits* de edificações públicas federais, com mais de quinhentos metros quadrados de área, devem ser desenvolvidos buscando a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia de Projeto nível A, de acordo com a metodologia dos Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O objetivo geral desta pesquisa, portanto, é verificar o nível de eficiência de prédios de salas de aula licitados por Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) atendem à determinação da IN 02/2014 e, em caso negativo, quais intervenções são necessárias para que os projetos atinjam o nível A de eficiência energética. Foram analisados dez prédios licitados por quatro diferentes IFES do Rio Grande do Sul, todos naturalmente ventilados. A metodologia do trabalho compreende as seguintes etapas: revisão de literatura sobre as legislações de obras públicas no Brasil e avaliação de eficiência energética em edificações públicas; obtenção dos editais de licitação através do portal de compras governamentais; caracterização das licitações e dos projetos; verificação do nível de eficiência de cada projeto, analisando o percentual de horas ocupadas em conforto (POC) utilizando a metodologia de simulação do RTQ-C, e analisando o sistema de iluminação pelo método prescritivo utilizando o método das áreas; e o cálculo da bonificação através da economia comprovada no consumo de água. Os resultados demonstram que, embora as licitações analisadas ainda não tivessem solicitado a etiquetagem dos projetos, 60% destes conseguiram alcançar o nível mais alto de eficiência energética, atendendo à Instrução Normativa. O trabalho também avaliou que, nos projetos estudados, quando as condições da envoltória são adequadas, pequenas intervenções como substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes por lâmpadas LED equivalentes e bacias sanitárias econômicas são suficientes para que os projetos atinjam o nível A de eficiência.

Palavras-chave: simulação de eficiência energética, RTQ-C, obras públicas.

Abstract

The specific regulations that act on the bidding process of public buildings have several recommendations to the public manager. Among these recommendations, there are orientations for government contracts that must consider sustainability and energy efficiency throughout the drafting of building designs, in the instructions for the purchase of new equipment, and also the choosing of the most profitable offer from a bidder within a bidding. Therefore, it is tangible the concern from the Public Administration in mitigating energy misuse in public government buildings. Recently, the Normative Instruction 02/2014, of the Ministry of Planning, Development and Management, was added to the array of those regulations, which establishes that public government buildings designs and retrofits within more than five hundred square meters, must be drafted having the National Label of Design Energy Conservation grade A as a goal, according to the methodology of the Technical Standards for the Quality of Commercial, Services and Public Buildings (RTQ-C). The main objective of this research is, ergo, to verify if the energy efficiency level in classroom buildings, which were bidden by Federal Institutions of Higher Learning (IFES, in Portuguese), meet the resolutions of the NI 02/2014 and, if not, which modifications are required so the buildings are able to meet the requirements for the grade A label of energy efficiency. Ten different buildings, which were bidden by four different IFES in Rio Grande do Sul, were analyzed, all of them naturally ventilated. The methodology of this study fathoms the following steps: literature review concerning the regulations in public buildings in Brazil and assessment of the energy efficiency in public buildings; procurement of the bidding notices via *Portal de Compras Governamentais*; characterization of the biddings and the designs; verification of the efficiency grade of each design through analysis of the percentage of occupied hours in thermal comfort (POC) and through the application of the RTQ-C methodology of simulation and analysis of the illumination system via the prescriptive method utilizing the building area method; and the estimation of the bonus granted by the confirmed economy in water expenditure. The results show that, even though the analyzed biddings had not yet requested the design labeling, 60% of them were able to meet the highest grade of energy efficiency, complying with the Normative Instruction. This study also ascertained that given that the envelope conditions are adequate, small modification such as exchanging the current fluorescent light tubes for equivalent LED lights and dual flush toilets are enough for the designs to reach the grade A label in efficiency.

Keywords: simulation of energy efficiency, RTQ-C, public buildings.

Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de ENCE de projeto para edificação comercial, de serviços ou pública.....	32
Figura 2 – Fluxograma da metodologia de pesquisa.....	40
Figura 3 – Página de consulta de licitações no portal Comprasnet.....	41
Figura 4 - Exemplo do resultado de pesquisa de licitações no portal Comprasnet. ..	43
Figura 5 - Câmara entre o forro e a laje.	46
Figura 6 - Utilização da ferramenta "Create spaces from diagram".....	47
Figura 7 - Utilização da ferramenta "Project Loose Geometry".	48
Figura 8 - Utilização da ferramenta "Intersect and divide inter-zone surfaces"	49
Figura 9 - Resolução dos problemas de intersecção de superfícies.	50
Figura 10 - Exemplo de elementos de sombreamento.....	51
Figura 11 - Conversão de parede real em parede equivalente.	52
Figura 12 - Gráfico das agendas de ocupação consideradas.	53
Figura 13 - Interface gráfica das agendas no OpenStudio.	54
Figura 14 - Equação das temperaturas limite do conforto adaptativo.	57
Figura 15 - Temperaturas do arquivo climático e limites do conforto adaptativo.....	58
Figura 16 - Exemplo de tabela de verificação do conforto térmico.....	59
Figura 17 - Exemplo de ponderação para cálculo do EqNumV.....	60
Figura 18 - Fluxograma do processo de determinação do EqNumDPI.	60
Figura 19 - Representação do aproveitamento da luz natural.....	62
Figura 20 - Exemplo de tabela de cálculo do EqNumDPI.	63
Figura 21 - Equação Geral de eficiência energética.....	65
Figura 22 - Simplificação da Equação Geral de eficiência energética.....	65
Figura 23 – Quantidade de licitações por IFES.	68
Figura 24 - Dados quantitativos das características dos projetos.	69
Figura 25 - Dados do Projeto 1.	72
Figura 26 - Dados do Projeto 2.	73
Figura 27 - Dados do Projeto 3.	74
Figura 28 - Dados do Projeto 4.	75
Figura 29 - Dados do Projeto 5.	76
Figura 30 - Dados do Projeto 6.	77
Figura 31 - Dados do Projeto 7.	78
Figura 32 - Dados do Projeto 8.	79
Figura 33 - Dados do Projeto 9.	80
Figura 34 - Dados do Projeto 10.	81
Figura 35 - Proporção dos diferentes usos nos projetos analisados.	83
Figura 36 - Resultados das simulações do Projeto 1.	87
Figura 37 - Resultados das simulações do Projeto 2.	88
Figura 38 - Resultados das simulações do Projeto 3.	89
Figura 39 - Resultado das simulações do Projeto 4.	91
Figura 40 - Resultados das simulações do Projeto 5.	92

Figura 41 - Resultados das simulações do Projeto 6.	93
Figura 42 - Resultados das simulações do Projeto 7.	95
Figura 43 - Resultados das simulações do Projeto 8.	96
Figura 44 - Resultados das simulações do Projeto 9.	97
Figura 45 - Resultados das simulações do Projeto 10.	98
Figura 46 - Iluminação das salas de aula no 3º pavimento do Projeto 4.	101

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Características das modalidades de licitação.....	23
Tabela 2 –Características físicas dos materiais de construção.....	51
Tabela 3 – Absortância dos materiais opacos da envoltória.	52
Tabela 4 – Características dos vidros utilizados.	53
Tabela 5 - Densidade populacional de acordo com o uso.....	55
Tabela 6 - Densidade de carga interna de equipamentos por tipo de uso da sala....	55
Tabela 7 - Características das esquadrias.	58
Tabela 8 - Densidades de potência limite para escolas e universidades.	61
Tabela 9 - Relação entre os pré-requisitos do sistema de iluminação e o nível de eficiência.	63
Tabela 10 - Classificação geral segundo o RTQ-C.	66
Tabela 11 – Dados dos processos de licitação	70
Tabela 12 – Características dos projetos	82
Tabela 13 – Características das paredes dos projetos.	84
Tabela 14 – Características das coberturas dos projetos.	85
Tabela 15 - Resultados da aplicação do método da área do edifício.....	99
Tabela 16 - Resultados da avaliação do EqNumDPI.	101
Tabela 17 - Estratégias de economia de água empregadas nos projetos.....	102
Tabela 18 - Consumo dos aparelhos sanitários padrão e econômicos.	103
Tabela 19 - Frequência de uso dos aparelhos sanitários.....	103
Tabela 20 - Bonificação alcançada em cada projeto.....	103
Tabela 21 - Cálculo da Pontuação Total dos projetos.....	104
Tabela 22 - Cálculo da Pontuação Total dos projetos.....	105
Tabela 23 – Pontuação Total após melhorias na bonificação.	106
Tabela 24 - Cálculo do novo EqNumV do Projeto 9.	107
Tabela 25 – Pontuação Total do Projeto 9 após melhoramentos no sistema de iluminação.	108
Tabela 26 – Resultados das simulações do consumo de eletricidade.	108
Tabela 27 – Resultados das simulações do consumo após as modificações.	109

Sumário

1. Introdução.....	15
1.1 Delimitação do Tema.....	17
1.2 Objetivos.....	18
1.3 Estrutura do Trabalho	18
2. Revisão de Literatura.....	20
2.1 Obras Públicas no Brasil	20
2.1.1 A Lei de Licitações e Contratos: Lei nº 8.666/93	21
2.1.2 O Regime Diferenciado de Contratações: Lei nº 12.462/2011	24
2.1.3 Compras Públicas Sustentáveis	25
2.1.4 A Instrução Normativa 02/2014 do MPOG	28
2.2 Avaliação de Eficiência Energética de Obras Públicas	30
2.2.1 O RTQ-C	31
2.2.2 China: GB50189-2015	36
2.2.3 União Europeia: Diretriz 2010/31/EU.....	37
3. Metodologia	40
3.1 Obtenção dos Dados da Pesquisa	41
3.2 Caracterização dos Dados da Pesquisa.....	44
3.3 Verificação dos Pré-Requisitos Gerais	45
3.4 Cálculo do EqNumV dos Projetos	45
3.5 Cálculo do EqNumDPI dos Projetos.....	60
3.6 Cálculo dos Pontos de Bonificação	64
3.7 Determinação do Nível de Eficiência Energética.....	65

3.8 Proposição de Medidas de Aprimoramento aos Projetos	66
3.9. Simulação do Consumo de Eletricidade	66
4. Resultados e Discussões	68
4.1 Caracterização dos Dados da Pesquisa.....	68
4.1.1 Características das Licitações	70
4.1.2 Características das Edificações.....	71
4.2 Resultados da Verificação dos Pré-Requisitos Gerais	86
4.3 Resultados da Verificação do EqNumV.....	86
4.4 Resultados da Avaliação do Sistema de Iluminação	99
4.5 Resultados dos Pontos de Bonificação	102
4.6 Resultados do Cálculo do Nível de Eficiência dos Projetos	104
4.7 Resultados do Aprimoramento dos Projetos	105
4.8 Resultados da Simulação do Consumo de Eletricidade	108
5. Considerações Finais	111
5.1 Limitações da Pesquisa.....	117
5.2 Sugestões para Futuros Trabalhos	117
Referências	119
Apêndices	123
Apêndice A – Tabela dos Dados Obtidos no Comprasnet.....	123
Apêndice B – Tabelas de Cálculo da Eficiência Energética dos Projetos.....	127
Projeto 1	128
Projeto 2	130
Projeto 3	131
Projeto 4	133
Projeto 5	136
Projeto 6	138
Projeto 7	142
Projeto 8	143
Projeto 9	147

Projeto 10 148

1. Introdução

A questão energética tem sido foco de maior atenção no Brasil desde 2001, quando o aumento do consumo de eletricidade, aliado à ausência de planejamento de investimentos no setor e condições climáticas desfavoráveis, levou a um racionamento de energia no país. Desde então, intensificaram-se as ações visando aumentar a economia de energia e combater seu desperdício.

No âmbito da Administração Pública Federal, foram emitidos alguns Decretos com o objetivo de reduzir, em caráter emergencial, o consumo de energia nos prédios públicos. Em seguida, foi criada a Lei 10.295, conhecida como Lei de Eficiência Energética (BRASIL, 2001), reforçando a necessidade de criar metodologias para a verificação do consumo energético e nível de eficiência de máquinas e equipamentos fabricados e comercializados no país, assim como nas edificações.

Como resultados destas iniciativas, os anos seguintes representaram um grande avanço para os estudos sobre a eficiência energética nos edifícios. Em 2003 criou-se o PROCEL Edifica, um programa específico para alcançar prédios mais eficientes. Dois anos depois, foi publicada a NBR 15220 (ABNT, 2005), que trata do desempenho térmico de edificações, e também traz o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, com diretrizes construtivas para melhorar o desempenho térmico das edificações em cada uma das oito Zonas Bioclimáticas, através da adoção de estratégias passivas de condicionamento adequadas.

Em 2009, foi publicada pela primeira vez a versão final dos Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), definindo os critérios de desempenho e metodologias de etiquetagem do nível de eficiência energética para estas edificações. Quando observados, os padrões construtivos do RTQ-C podem resultar em uma economia de energia de até 50% para prédios novos, e 30% em caso de reformas (PROCEL, 2017). Assim, o processo de etiquetagem das edificações mostra-se como uma importante ferramenta para a economia de energia.

Em 2010, foi a vez da publicação do Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), criado com o intuito de incentivar as estratégias de eficiência energética em habitações.

Em 2011, o Ministério de Minas e Energia publicou o Plano Nacional de Energia (PNE), que estabelece uma meta de 10% de economia no consumo de eletricidade a ser atingida até 2030. Apesar de parecer modesto, este percentual representa um aumento de quase 18 vezes nos percentuais atuais de economia de energia atingidos pelo Governo Federal, conforme descrito por OLIVEIRA et al (2013).

Para atingir tal objetivo, no entanto, os autores apontam a necessidade de uma mudança de paradigma, de forma a promover um aumento da tendência de economia de eletricidade (a qual, de 1986 a 2009, apresentava valores próximos de 1%). OLIVEIRA et al. (2013) propõem um plano de ação para que o objetivo seja alcançado, baseado em estratégias de financiamento internacional para projetos de eficiência energética. Um dos pontos chave apontados pelos autores é a necessidade de tornar obrigatória a adoção de leis e normas de desempenho energético, assegurando dessa maneira a efetiva participação de todos os setores envolvidos.

A Instrução Normativa 02/2014, publicada pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério de Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (SLTI/MP), foi uma importante adição ao conjunto de normas, orientações e legislações sobre eficiência energética. Desde que entrou em vigor, em 01º/08/2014, tornou-se obrigatório que os projetos de edificações públicas federais, com mais de quinhentos metros quadrados, sejam desenvolvidos para obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nível A. A determinação é válida tanto para prédios novos como para reformas em edificações existentes.

Esta preocupação com o consumo de eletricidade nos prédios públicos, assim como nas edificações em geral, torna-se ainda mais importante ao conhecermos os dados do último relatório do Balanço Energético Nacional (EPE, 2018), relativo ao ano de 2017.

Os edifícios no Brasil foram responsáveis pelo uso de 267,5 TWh de energia elétrica, equivalente a 50,83% do total consumido no país. No que tange às edificações públicas, estas consumiram 43,3 TWh, correspondente a 8,23% da eletricidade utilizada no período. Em valores absolutos, ocorreu um aumento de 8,75 TWh no consumo das edificações públicas nos últimos dez anos, representando um crescimento de 25,34% em relação aos dados de 2008.

A obrigatoriedade da etiquetagem das obras públicas pode, portanto, contribuir para a redução do consumo dessa parcela de edificações, além de incentivar e difundir a avaliação da eficiência energética dos prédios brasileiros de um modo geral.

Contudo, ao verificar os dados sobre a etiquetagem de edificações comerciais, públicas e de serviços disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO, 2017), foram encontradas apenas 11 etiquetas de projeto emitidas para edificações federais; destas, sete são etiquetas gerais, e as outras quatro são etiquetas parciais. A falta de evidências a respeito da etiquetagem dos projetos de edificações públicas é um dos fatores motivadores da realização desta pesquisa.

1.1 Delimitação do Tema

Este trabalho pretende estudar as licitações de obras de construção de edificações promovidas pelas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) no Rio Grande do Sul, no período compreendido entre 01^o/08/2014 (data em que a IN 02/2014 MP entrou em vigor) até 31/12/2016. Dentre as licitações analisadas, foram escolhidos os prédios de salas de aula com ventilação natural.

Escolheu-se trabalhar com edificações de instituições de ensino, primeiramente, pela facilidade para a obtenção dos dados necessários à pesquisa, visto que estes podem ser encontrados no Portal de Compras Governamentais, assim como nos *websites* de algumas das próprias Instituições. Além disso, os Institutos Federais e Universidades têm um importante papel, pois através de sua vocação educacional, podem servir como exemplo para propiciar a disseminação do uso de novas práticas e tecnologias mais sustentáveis, promovendo a economia de energia não só no setor público, como também em toda a sociedade.

Decidiu-se excluir desta pesquisa os projetos de *retrofit* e reformas de edificações, pois muitas vezes estes apresentam apenas informações a respeito dos sistemas a serem instalados e das áreas que sofrerão alteração, inviabilizando assim a modelagem e análise do edifício em sua totalidade. Também não serão consideradas aquelas edificações que não alcançam quinhentos metros quadrados de área construída.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é **avaliar, utilizando a metodologia do RTQ-C, o nível de eficiência energética de prédios de salas de aula licitados pelas IFES do Rio Grande do Sul, localizadas na Zona Bioclimática 2.**

São objetivos específicos da pesquisa:

- Conhecer as características dos editais de licitação e projetos de edificações das IFES;
- Identificar as estratégias utilizadas pelas IFES para incorporar o processo de etiquetagem de eficiência energética nos processos licitatórios;
- Analisar os resultados obtidos em cada etapa da metodologia do RTQ-C, a fim de identificar as deficiências em cada um dos sistemas avaliados de cada projeto;
- Propor alterações nos projetos avaliados, caso necessárias, visando melhorar suas pontuações para que atinjam o nível A de eficiência energética;
- Verificar e comparar consumo de energia dos prédios após a proposição dos melhoramentos, através da simulação computacional da hipótese de condicionamento artificial dos ambientes de trabalho.

Espera-se que este trabalho, através das análises realizadas e dos resultados encontrados, possa contribuir para melhorar a qualidade dos projetos de prédios de salas de aula elaborados pelas IFES, produzindo edificações com melhores condições de conforto térmico e menor consumo energético.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, faz-se a introdução do tema estudado, explicitando os objetivos a serem alcançados com a pesquisa.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão de literatura de temas pertinentes ao objeto de estudo. Primeiramente, descreve-se o processo de

contratação de obras públicas no Brasil, e as legislações envolvidas para garantir que os objetos contratados atendam a princípios básicos de sustentabilidade. Também é feita uma discussão acerca dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços, o RTQ-C, descrevendo os procedimentos necessários para a etiquetagem energética das edificações públicas. Ainda é discutida a IN 02/2014, suas determinações e limitações. Finalmente, é realizada uma comparação do regulamento brasileiro com as legislações vigentes em outros países.

O Capítulo 3 trata do método de pesquisa, descrevendo com detalhes os procedimentos envolvidos na realização de cada uma das etapas do trabalho: a simulação computacional para avaliação do percentual de horas ocupadas em conforto; a avaliação do sistema de iluminação; o cálculo da pontuação de bonificação a ser atribuída à nota de cada projeto. Esta seção ainda trata do método para o cálculo da pontuação final de cada projeto, e dos critérios para a proposição das medidas de aprimoramento.

Os resultados da aplicação de cada etapa da determinação do nível de eficiência, bem como a discussão destes resultados, estão descritos no quarto capítulo dessa dissertação. Também neste capítulo são mostrados os níveis alcançados por cada um dos projetos estudados, e quais as medidas corretivas necessárias para que todos alcancem o Nível A.

Finalmente, no Capítulo 5, são feitas as considerações finais sobre o trabalho, identificando suas contribuições, reconhecendo suas limitações e apontando caminhos para futuras pesquisas sobre o tema.

2. Revisão de Literatura

A revisão de literatura realizada neste trabalho focará em dois temas principais. O primeiro deles é a realização de obras públicas no Brasil, detalhando as legislações específicas envolvidas no processo de licitação e contratação das obras. Ainda neste tema, será discutido o tema das compras públicas sustentáveis e sua importância dentro e fora da Administração Pública.

Também serão discutidos na revisão literária os métodos para a avaliação de eficiência energética em edificações públicas no Brasil e em outros países, de forma a identificar semelhanças e diferenças entre o RTQ-C e outros instrumentos de avaliação.

2.1 Obras Públicas no Brasil

No Brasil, a licitação é o processo administrativo através do qual a Administração Pública contrata o fornecimento de serviços, produtos, equipamentos e a execução de obras de construção e reforma. A licitação tem uma série de procedimentos cujo objetivo é realizar a contratação da proposta mais vantajosa para o ente público, garantindo que o processo ocorra de forma justa, padronizada e transparente. Outro objetivo, introduzido posteriormente através da Lei nº 12.349 (BRASIL, 2010), é a promoção do desenvolvimento nacional sustentável.

Ao exercer o seu poder de compra, o Estado tem uma grande oportunidade de incentivar a sustentabilidade no mercado, na indústria e na sociedade. Através da especificação de determinados critérios socioambientais, de desempenho e de eficiência energética para os produtos que adquire e serviços que contrata, a Administração Pública consegue influenciar os diversos setores da economia, potencializando as melhorias obtidas (OLIVEIRA E SANTOS, 2015).

Atualmente, os procedimentos licitatórios são regidos por três legislações diferentes: a Lei nº 8.666 (BRASIL, 1993), que trata dos processos licitatórios gerais;

a Lei nº 10.520 (BRASIL, 2002), que introduz o pregão eletrônico, uma modalidade específica para a realização de compras; e a Lei nº 12.462 (BRASIL, 2011), a qual criou o Regime Diferenciado de Contratações, com regras específicas para a utilização, inicialmente, na contratação das obras públicas para a Copa do Mundo de 2014 e das Olimpíadas de 2016. Como a Lei do Pregão não pode ser utilizada para a contratação de obras públicas, neste trabalho serão analisadas apenas as leis 8.666/93 e 12.462/2011.

2.1.1 A Lei de Licitações e Contratos: Lei nº 8.666/93

De acordo com a Lei nº 8.666/93, os processos licitatórios são divididos em duas fases. A primeira fase, chamada interna, é a parte do processo que precede a publicação do edital, compreendendo todas as etapas de elaboração do projeto básico e do orçamento da obra, a redação preliminar do edital, o parecer jurídico da Procuradoria da União e a redação final do edital. A fase externa da licitação começa com a publicação do edital da licitação, seguida da apresentação das propostas, da habilitação dos licitantes, da classificação das propostas de acordo com as regras estabelecidas no edital, da adjudicação e homologação do resultado e, finalmente, a contratação da obra.

O edital da licitação é o documento elaborado pelo órgão que pretende realizar a contratação de uma obra, compra ou serviço. Suas funções compreendem: o detalhamento do objeto a ser contratado (incluindo o valor); a definição das condições mínimas a serem satisfeitas pelas empresas interessadas em participar; o estabelecimento das regras que serão utilizadas para a apresentação e o julgamento das propostas concorrentes; e um exemplo do contrato administrativo, a ser assinado pela empresa vencedora do certame.

O Projeto Básico, conforme definido na NBR 13532 (ABNT, 1995), é uma etapa de projeto opcional, por ser característica do setor público, e precede o Projeto Executivo de Arquitetura. Deve basear-se nas informações produzidas nos anteprojetos de arquitetura e de outras disciplinas técnicas, e seus componentes devem ser capazes de caracterizar perfeitamente a edificação e todos seus elementos e componentes construtivos. Assim, o Projeto Básico deve proporcionar a perfeita caracterização do objeto a ser licitado, com desenhos técnicos (plantas, cortes,

elevações, detalhamentos, maquetes eletrônicas, perspectivas), memoriais descritivos da edificação, suas instalações, elementos construtivos e materiais e técnicas a serem empregados durante a execução da obra. Quanto maior o nível de detalhamento do Projeto Básico, maior será a precisão do orçamento da obra. Nas obras licitadas de acordo com a Lei nº 8.666/93, o Projeto Básico é de responsabilidade da Administração Pública, e deve ser elaborado por órgão técnico competente, ou então contratado mediante um processo licitatório anterior à realização da obra.

Outra peça importante presente nos anexos dos editais de licitações de obras é o orçamento, o qual deve ser elaborado criteriosamente. Baeta (2012) define o orçamento de uma obra como

(...) a descrição, quantificação, análise e valoração dos custos diretos e indiretos para a execução dos serviços previstos na obra, os quais, acrescidos da margem de lucro do construtor, resultam na adequada previsão do preço final de um empreendimento (Baeta, 2012, p. 22).

A planilha orçamentária deve ser elaborada utilizando as tabelas mais recentes de algum dos sistemas referenciais de preços, como o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, da Caixa Econômica Federal); ou, em caso de serviços específicos que não estejam presentes nas tabelas de referência, através de cotações com fornecedores devidamente registradas e documentadas no processo.

O edital de uma licitação de obras ainda deve trazer informações a respeito da modalidade e do tipo de licitação a ser realizada, bem como do regime de execução dos serviços (BRASIL, 1993). As modalidades de licitação são definidas pelos requisitos de habilitação para as empresas participantes e pelo valor total da obra a ser contratada; e cada uma das modalidades têm prazos diferentes para a realização de cada uma das etapas. Para a execução de obras, a lei permite o uso de três modalidades: Concorrência, Tomada de Preços e Convite.

Já o tipo da licitação trata dos critérios envolvidos no julgamento das propostas, a saber: menor preço, melhor técnica, ou técnica e preço. Finalmente, o regime de execução relaciona-se com a forma com que a Administração pretende contratar a obra: empreitada por preço global (preço definido para toda a construção); empreitada por preço unitário (preço definido para a execução de determinados serviços); empreitada integral (contratação de todas as etapas da obra, até que esta

seja entregue em condições de operação à Administração); e tarefa (para pequenos serviços).

A Tabela 1 a seguir apresenta as modalidades com seus valores máximos para contratação de obras, os tipos de licitação e os regimes de contratação, e os prazos mínimos entre a publicação do aviso de licitação e o seu início. Ressalta-se que os valores máximos de cada modalidade de licitação foram recentemente atualizados pelo Decreto nº 9412, de 18 de junho de 2018 (BRASIL, 2018). Os novos valores, os quais sofreram um acréscimo de 120%, estão demonstrados a seguir.

Tabela 1 – Características das modalidades de licitação.

MODALIDADE / VALOR	REGIME	TIPO	PRAZO
Concorrência (CP) (Acima de R\$ 3.300.000,00)	Empreitada Integral	Melhor Técnica Técnica e Preço	45 dias
	Empreitada por Preço Global Empreitada por Preço Unitário Tarefa	Menor Preço	30 dias
Tomada de Preços (TP) (Entre R\$ 330.000,01 e R\$ 3.300.000,00)	Empreitada Integral Empreitada por Preço Global Empreitada por Preço Unitário Tarefa	Melhor Técnica Técnica e Preço	
		Menor Preço	
Convite (CV) (Até R\$ 330.000,00)	Empreitada Integral Empreitada por Preço Global Empreitada por Preço Unitário Tarefa	Menor Preço Melhor Técnica Técnica e Preço	5 dias

Fonte: adaptado de BRASIL, 1993.

Após a entrega das propostas pelas empresas licitantes, ocorre a etapa de habilitação, na qual a documentação das empresas é analisada em relação aos pré-requisitos determinados no edital, em relação aos aspectos técnicos, econômico-financeiros, contábeis e trabalhistas. As empresas consideradas pela comissão de licitação como aptas procedem para a etapa seguinte, que é a abertura e julgamento das propostas. Nesta etapa, as propostas são classificadas de acordo com os critérios do edital, escolhendo-se uma vencedora.

Cabe ainda frisar que, caso alguma empresa não concorde com o resultado de alguma das etapas do processo, esta pode entrar com um recurso administrativo, questionando a decisão da comissão de licitação. O prazo para recursos é de cinco dias úteis, a contar da divulgação dos resultados de cada uma das etapas (BRASIL, 1993).

Para assegurar que as licitações sejam realizadas de acordo com a legislação, existem dois tipos de controle: o interno e o externo. O controle interno é

exercido por setores da própria instituição interessada em realizar o certame. Este controle pode ocorrer em dois momentos diferentes: primeiramente, na fase preliminar do processo, anterior à publicação do edital, a fim de identificar e corrigir possíveis vícios processuais; posteriormente, as auditorias internas das instituições públicas também podem identificar possíveis omissões cometidas nos editais, indicando as alterações necessárias para evitar os erros nas licitações posteriores.

O controle externo no âmbito federal, por sua vez, é exercido pelo Poder Legislativo, auxiliado pelo Tribunal de Contas da União (TCU). Através de auditorias e processos de tomada de contas especiais, o TCU realiza “a fiscalização contábil, financeira, orçamentária, operacional e patrimonial da administração pública direta e indireta” (COELHO, 2009). Dessa forma, a atuação do TCU garante o bom uso do dinheiro público, orientando os gestores públicos quanto a eventuais problemas encontrados nas licitações, e evitando prejuízos ao erário.

2.1.2 O Regime Diferenciado de Contratações: Lei nº 12.462/2011

Em março de 2011, o Governo Federal criou a Medida Provisória 527, a qual, entre outras determinações, criou o Regime Diferenciado de Contratações (RDC). Posteriormente, no mesmo ano, a Medida Provisória foi convertida na Lei 12.462 (BRASIL, 2011). A criação de uma nova metodologia para a contratação de obras foi motivada pelas obras necessárias aos dois grandes eventos esportivos que ocorreram no Brasil: a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016.

Pensado para ser um tipo de licitação mais ágil, mais competitiva e menos burocrática, o RDC foi, posteriormente, estendido a outros tipos de obras da Administração Pública, como as do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), obras da área da saúde e educação, e obras do setor portuário.

Dentre as principais diferenças introduzidas pelo RDC, podem-se destacar três, diretamente ligadas aos objetivos elencados anteriormente: a licitação eletrônica, a inversão de fases, e o regime de contratação integrada (BRASIL, 2011).

Assim como nos pregões eletrônicos, utilizados para a realização de bens na Administração Pública, o RDC é realizado de forma eletrônica, em vez de presencial, como as licitações convencionais.

Nas licitações promovidas com o uso desta nova lei, ocorre uma inversão das fases do processo: primeiramente, são abertas e julgadas as propostas dos licitantes; após a escolha da proposta que melhor atende aos critérios do edital e o interesse da Administração, é realizada a etapa de habilitação para a empresa vencedora. De acordo com OLIVEIRA e FREITAS (2011), este procedimento contribui para a celeridade no processo, uma vez que evita a análise da documentação das empresas que não apresentaram a melhor proposta.

A última mudança introduzida pela Lei 12.462/2011 a ser destacada aqui é a introdução de um novo regime de contratação de obras públicas: a contratação integrada. Este tipo de contratação deixa a cargo da empresa vencedora a elaboração do Projeto Básico e do Projeto Executivo, além da execução da obra. Obras licitadas sob este regime de contratação devem ser julgadas por critérios de técnica e preço, exclusivamente.

A contratação integrada é um dos grandes alvos de críticas ao RDC, por delegar a uma empresa privada uma responsabilidade que, entende-se, deveria ser do ente público, de especificar da melhor maneira possível o objeto da licitação, através da elaboração de projetos e orçamentos criteriosos. Contudo, OLIVEIRA e FREITAS (2011) reforçam que a contratação integrada só pode ser utilizada quando há um anteprojeto de engenharia, com um orçamento estimado nos custos de mercado ou de outras obras públicas, ou até mesmo em uma avaliação global do valor da obra.

Além disso, os autores destacam que a vantagem deste regime de contratação é oferecer à empresa vencedora “a oportunidade de inovação e de proposição de técnicas e soluções para o desenvolvimento do objeto, reduzindo riscos e custos para os entes públicos” (OLIVEIRA e FREITAS, 2011, p. 13). Para isso, é necessária atenção especial à fase interna da licitação.

2.1.3 Compras Públicas Sustentáveis

A Constituição Federal (BRASIL, 1988) estabelece, em seu artigo 225, o meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito universal do povo, delegando ao poder público e à sociedade em geral a responsabilidade por sua preservação. Para assegurar este direito, a preocupação da Administração Pública é expoente acerca da

questão da inclusão da sustentabilidade em seus processos de licitação, criando uma série de legislações para regulamentar os aspectos de sustentabilidade nas contratações públicas.

Em 1999, o Governo Federal iniciou um projeto denominado Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), com o objetivo de incentivar as instituições públicas a adotar padrões de produção e consumo mais sustentáveis. O programa de mesmo nome, iniciado em 2001, visava “sensibilizar os gestores públicos para a importância das questões ambientais, estimulando-os a incorporar princípios e critérios de gestão ambiental em suas atividades rotineiras” (BRASIL, 2009, p. 30).

A adesão à A3P é facultativa a cada ente público independente da esfera governamental à qual pertença, e deve ser feita através da assinatura de um Termo que formaliza o compromisso da instituição com a implantação das ações do programa (BRASIL, 2009, p.86-87). Até 2015, 252 órgãos públicos haviam aderido formalmente ao programa.

As ações da A3P desenvolvem-se em torno de 5 grandes eixos temáticos (BRASIL, 2009):

- **Uso racional dos recursos naturais e bens públicos:** evitar o desperdício de bens públicos e recursos, dentre eles a energia, a água e a madeira;
- **Gestão adequada dos resíduos gerados:** coleta seletiva do lixo, utilização de materiais reciclados;
- **Qualidade de vida no ambiente de trabalho:** ações para o desenvolvimento pessoal e profissional dos servidores públicos;
- **Sensibilização e capacitação dos servidores:** educação dos trabalhadores para que possam conhecer e minimizar os impactos negativos de suas atividades no meio ambiente;
- **Licitações sustentáveis:** uso do poder de compra do Estado na aquisição de bens e serviços que prezem pela sustentabilidade.

A criação de um eixo específico dedicado à questão das compras públicas sustentáveis mostra que o Estado tem consciência da influência que pode exercer tanto na sociedade quanto no mercado, através de seu papel de grande consumidor de produtos e serviços.

Oliveira e Santos (2015) destacam a necessidade de que os entes públicos utilizem seu poder de compra para influenciar o mercado, através da escolha de bens e serviços através de critérios econômicos (melhor relação custo-benefício), ambientais (análise do ciclo de vida dos produtos) e sociais (favorecimento de cooperativas populares ou empreendimentos de economia solidária). Os autores ainda acreditam que “O Estado, por meio de seu grande poder como comprador, poderá reverter impactos sociais e ambientais advindos do processo produtivo, incentivando organizações que não tenham como princípio primeiro a busca do lucro individual” (OLIVEIRA E SANTOS, 2015, p. 203).

Embora a participação na A3P seja opcional, os gestores de instituições públicas necessitam observar o cumprimento das leis, decretos e orientações dos órgãos de controle na elaboração de editais de licitação. Silva (2013), em seu trabalho a respeito da influência de critérios de sustentabilidade nas contratações de obras públicas, realizou um levantamento das legislações que tratam de forma direta ou indireta do tema. Alguns dos documentos relacionados serão destacados a seguir.

A Lei 12.187/2009 instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), com o objetivo de compatibilizar o desenvolvimento do país com a proteção do sistema climático, de reduzir as emissões nocivas à atmosfera e de implementar um conjunto de medidas a serem adotadas pela Administração Pública para adaptar-se às alterações do clima. Dentre os instrumentos para a implementação da PNMC, a lei inclui a definição de critérios de preferência, nas licitações, “para as propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais e redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos” (BRASIL, 2009).

No ano seguinte, a Lei nº 12.305 criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a adequada gestão dos resíduos sólidos inertes e perigosos. Dentre os objetivos da Lei, encontra-se a prioridade de contratação para produtos recicláveis e bens, serviços e obras com padrões de consumo que observem os preceitos da sustentabilidade ambiental e social (BRASIL, 2010a).

A Lei nº 12.349/2010 altera o texto da Lei de Licitações e Contratos, incluindo o desenvolvimento nacional sustentável como um dos princípios básicos que deve ser considerado durante os processos licitatórios. (BRASIL, 2010b).

A Instrução Normativa SLTI/MP 01/2010 relaciona medidas objetivas a serem observadas pelos gestores para que os edifícios públicos busquem a economia de

manutenção e operação, a redução do consumo de energia e água e redução de impacto ambiental. Dentre estas medidas, podem destacar-se a automação de iluminação, uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes e luminárias eficientes, aquecimento de água com energia solar ou outra forma de energia limpa, aproveitamento de água da chuva, utilização de materiais reciclados e prioridade para mão-de-obra, materiais e tecnologias de origem local na execução, conservação e operação dos prédios públicos (MP, 2010).

Finalmente, a publicação da Portaria 372/2010, estabelecendo os padrões de desempenho a serem atingidos pelas edificações eficientes, e a Instrução Normativa 02/2014, tornando obrigatória a observação de tais padrões nos projetos de obras públicas, completam o conjunto de legislações relevantes para a execução de prédios públicos eficientes.

2.1.4 A Instrução Normativa 02/2014 do MPOG

Uma instrução normativa é um ato administrativo que visa dar uma interpretação complementar a uma Lei. Não pode inovar o ordenamento jurídico já existente, apenas complementá-lo, estabelecendo procedimentos para os agentes administrativos exercerem determinadas tarefas. Dessa forma, a IN 02/2014, expedida pelo Ministério do Planejamento vem complementar as leis que tratam dos processos licitatórios de todos os órgãos da administração pública, trazendo novos regramentos quanto à eficiência energética.

A IN trata de dois assuntos: aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia, e etiquetagem de projetos e edificações públicas, sejam elas construções novas ou *retrofit*. O texto da IN é breve, distribuído em 5 capítulos. No primeiro, de Disposições Gerais, além de detalhar o escopo da IN, o texto define os conceitos de edificações públicas federais e *retrofit*.

O Capítulo II trata especificamente da aquisição ou locação de máquinas e aparelhos, determinando que certames de compra ou locação de equipamentos consumidores de energia que já tenham passado pelo processo de etiquetagem do PBE devem exigir a ENCE nível A nas contratações. Nos casos em que o equipamento possua um tipo de etiqueta que não seja fundamentada em eficiência energética, a ENCE deverá ser apresentada apenas com caráter informativo.

O Capítulo III da IN é o que trata das edificações e *retrofits*. Para as edificações públicas federais novas, a IN estabelece que os projetos devem ser elaborados ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto nível A. A obra também deve ser executada visando a obtenção da ENCE de Edificação Construída nível A.

Para os *retrofits*, a IN estabelece que os projetos devem buscar o nível A de eficiência energética parciais para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar sempre que possível. Caso seja comprovadamente inviável técnica ou economicamente alcançar o nível A, deve-se buscar a melhor classificação possível. Nestes casos, a etiquetagem da envoltória, embora opcional, é recomendada, para que se possa emitir a ENCE geral da edificação. Contudo, o documento veda a possibilidade de rebaixar a eficiência da envoltória de um prédio que passe por *retrofit*.

Ainda neste capítulo, são dispensadas da obrigatoriedade da etiquetagem as edificações com menos de quinhentos metros quadrados de área construída, ou aquelas em que o valor total da obra seja “inferior ao equivalente ao Custo Unitário Básico da Construção Civil – CUB Médio Brasil atualizado aplicado a uma edificação de 500m² (quinhentos metros quadrados)”. (BRASIL, 2014).

O quarto capítulo da IN trata dos procedimentos de etiquetagem, determinando que obras novas devem passar pela inspeção de projeto e também pela inspeção da edificação construída, enquanto as obras de *retrofit* só necessitam da segunda inspeção, sendo facultada a primeira.

Em suas disposições finais, a portaria informa que haverá um espaço específico no portal Comprasnet para as contratações de aquisição e locação de equipamentos eficientes, bem como para as questões relativas à etiquetagem de edificações públicas. Contudo, estas informações não foram encontradas no portal.

Por fim, a IN dispensa os contratos que já estejam sendo executados da obtenção da ENCE, mas sugere que projetos que tenham sido elaborados anteriormente à publicação da IN, que ainda não tenham sido licitados, sejam adaptados para que possam alcançar o nível A de eficiência.

2.2 Avaliação de Eficiência Energética de Obras Públicas

A eficiência energética, atualmente, deve ser considerada como um “atributo inerente da edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia” (LAMBERTS et al., 2013, p. 5). Os projetos de arquitetura devem ser concebidos desde as primeiras etapas levando em consideração a utilização de estratégias que proporcionem menor gasto energético, porém sem comprometer as condições mínimas de conforto esperadas pelos ocupantes do prédio.

Neste contexto, a simulação representa uma importante ferramenta capaz de auxiliar no processo de projeto de uma edificação eficiente. Através da análise de uma alternativa de projeto, é possível verificar o desempenho térmico do edifício projetado, assim como seu consumo energético total. Com estes dados em mãos, o projetista pode promover alterações na proposta arquitetônica e realizar uma nova simulação, de forma a obter um resultado cada vez mais eficiente (LAMBERTS et al., 2013).

TULSYAN et al. (2013) promoveram um estudo para verificar o impacto da adoção das medidas de economia de energia propostas no *Energy Conservation Building Code (ECBC)*, a legislação que regulamenta o desempenho de edificações na Índia. Utilizando o programa *eQUEST 3-64*, os pesquisadores modelaram seis edifícios da cidade de Jaipur: um *shopping center*, um hotel, um hospital, um prédio governamental, um edifício de escritórios privados e um prédio institucional. Após a modelagem, foram implementadas medidas de conservação de energia sugeridas no *ECBC*, verificando-se o percentual de economia obtido para cada caso. Ao final do estudo, os autores extrapolaram os resultados obtidos para um período de cinco anos, e os compararam com os dados reais de consumo das edificações. Constataram, assim, que a aplicação de tais medidas alcançou percentuais de economia 17% (no caso do prédio institucional) a 42% (para o hospital).

OREE et al. (2015) também utilizaram a simulação computacional para verificar o impacto de estratégias de *retrofit* para diminuir o consumo de energia em um edifício público, construído em 1979 nas ilhas Maurício. Após a criação e validação do modelo com as características do edifício real, os autores testaram os efeitos de três medidas de economia de energia: instalação de vidros duplos nas janelas externas, instalação de isolamento térmico em poliestireno nas paredes externas e substituição das luminárias por modelos mais eficientes. Os resultados mostraram

que, para o edifício em questão, a última estratégia foi a mais eficiente, capaz de economizar até 5,52% de eletricidade. A combinação das três estratégias acarreta uma redução de até 9,75% no consumo energético do prédio.

Para incentivar a construção de prédios com maior eficiência energética, existem diversos tipos de instrumentos e políticas que podem ser utilizadas pelas autoridades. Dentre os tipos mais comuns, existem os regulamentos obrigatórios, os incentivos econômicos e os programas voluntários (SHEN, 2016).

SHEN et al. (2016) investigaram os tipos e quantidade de instrumentos em sete regiões: Estados Unidos, União Europeia, Austrália, Japão, Singapura, China e Índia. Os autores relatam um grande salto na quantidade de instrumentos regulatórios em todas as regiões, a partir de 1991. Os programas de incentivo econômico e voluntários cresceram em quantidade a partir de 2001.

Os pesquisadores destacam os instrumentos obrigatórios (leis, regulamentos e códigos de padrões de desempenho) como os mais eficazes para a redução do consumo nas edificações, em curtos períodos de tempo. Ainda assim, reconhecem a validade dos incentivos econômicos (muito utilizados na União Europeia, através de facilitação de empréstimos, redução de impostos e subsídios) e iniciativas voluntárias (pesquisa, certificações ambientais e serviços governamentais) (SHEN et al., 2016). LOPES et al. (2016) reforçam a importância da atuação dos governos em impulsionar, via políticas públicas, a adoção dos padrões de desempenho nas edificações.

Este trabalho procurará, a partir daqui, descrever alguns dos regulamentos que estabelecem padrões mínimos de desempenho para as edificações públicas. Primeiramente, será analisado o RTQ-C, regulamento brasileiro publicado em 2010. A seguir, procura-se verificar como outros países tratam da questão da eficiência energética de edificações públicas, de forma a comparar as metodologias empregadas e as variáveis consideradas no processo.

2.2.1 O RTQ-C

Os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços (RTQ-C) foram publicados na forma de Portaria em 2010, com alterações posteriores em 2012, 2013 e 2014. Este

documento estabelece as metodologias a serem adotadas para a etiquetagem de edificações quanto à eficiência energética.

A eficiência energética de um edifício é expressa por uma letra, variando de A (representando o maior nível de eficiência energética) a E (equivalente ao pior desempenho). A classificação é obtida através da avaliação individual de três sistemas da edificação: a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar. Tais avaliações podem ser realizadas através de dois métodos: o prescritivo e a simulação; este último é o único método indicado para avaliar a eficiência energética da parcela naturalmente ventilada de um edifício público, comercial ou de serviços. Um exemplo de ENCE de projeto pode ser vista na Figura 1.



Figura 1 - Exemplo de ENCE de projeto para edificação comercial, de serviços ou pública. Fonte: PBE Edifica, 2018.

No cabeçalho da etiqueta, constam os dados para a identificação do projeto ou prédio etiquetado e o tipo de etiqueta emitida: projeto ou edificação construída. Logo abaixo, caso a etiqueta tenha sido dada para todos os sistemas da edificação, é apresentada a pontuação total obtida na avaliação, com o respectivo nível de

eficiência energética atingido. No terceiro nível de informações, à esquerda, encontram-se os pré-requisitos gerais atendidos e as bonificações obtidas pela edificação. Na divisão à direita, encontram-se as notas individuais de cada um dos sistemas avaliados: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Por fim, a parte inferior da etiqueta traz os logotipos do Procel e do PBE, bem como o logotipo e o número de registro do Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo INMETRO responsável pela emissão da etiqueta.

De acordo com o site do INMETRO (2018), existem apenas dois OIAs no País, nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo. LOPES et al. (2016) aponta o escasso número de organizações capazes de emitir a etiqueta de eficiência energética como um dos fatores para a baixa adoção do sistema de etiquetagem até agora, juntamente com o fato de o programa estar em seus estágios iniciais.

O método prescritivo utiliza uma equação para determinar a eficiência do prédio, atribuindo diferentes pesos para as notas de cada uma das parcelas (30% para a envoltória, 30% para o sistema de iluminação e 40% para o sistema de condicionamento de ar). A pontuação de cada um dos sistemas depende de dois fatores: o atendimento a determinados pré-requisitos, que permitem a obtenção das melhores avaliações; e os aspectos específicos de cada sistema. Após a conclusão da avaliação, cada sistema recebe um equivalente numérico, que varia de 1 (para o nível E de eficiência energética) a 5 (correspondente ao nível A de eficiência, o mais alto).

No caso da envoltória, os pré-requisitos do RTQ-C referem-se à transmitância térmica da cobertura, cores e absorvância das paredes e coberturas e do fator solar das coberturas transparentes, de acordo com o Percentual de Abertura Zenital (PAZ) do prédio. A avaliação da envoltória é realizada através da utilização de equações de regressão linear, específicas para cada zona bioclimática brasileira (conforme definição da NBR 15220), que consideram as características físicas do prédio, como altura, área de projeção, volume, área da envoltória, ângulos de sombreamento (vertical e horizontal), percentual de aberturas na fachada e fator solar dos vidros. São duas equações diferentes, empregadas de acordo com a área de projeção da edificação.

A avaliação do sistema de iluminação pelo método prescritivo pode ser realizada de duas formas, dependendo das atividades desenvolvidas na edificação. No caso de um edifício de uso único, utiliza-se o método da área para determinar a

densidade de potência de iluminação (DPI) para todo o prédio, utilizando-se como referência a potência total de iluminação instalada. No caso de prédios com uso misto, a avaliação é feita separadamente para cada uma das atividades. Utiliza-se uma tabela de referência, presente no RTQ-C, para determinar o nível de eficiência da iluminação. Os pré-requisitos específicos deste sistema referem-se ao controle do sistema de iluminação, que deve ser devidamente seccionado, considerar a contribuição de luz natural nos ambientes e realizar o desligamento automático de luminárias em ambientes com mais de 250 m².

Quanto ao sistema de condicionamento de ar, os pré-requisitos dizem respeito à especificação de isolamento térmico para os dutos de ar e aos coeficientes de performance (COP) dos sistemas de aquecimento artificial, de acordo com o tipo utilizado no projeto. A determinação do nível de eficiência energética do sistema de ar condicionado é determinada de acordo com os níveis de eficiência dos equipamentos especificados em projeto. No caso de aparelhos de ar condicionado avaliados pelo programa de etiquetagem do INMETRO, é considerada a pontuação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE); caso o tipo do sistema de condicionamento não seja etiquetado, o RTQ-C especifica métodos e tabelas de referência para a definição da eficiência do sistema.

O método de simulação do RTQ-C para a determinação da eficiência baseia-se na comparação do consumo de energia elétrica de um modelo construído com base no edifício real com modelos de referência, cujas características são definidas no regulamento. O programa a ser utilizado deve atender a uma série de pré-requisitos, como a capacidade de modelar 8760 horas anuais; considerar diferentes horários de ocupação e utilização dos sistemas de equipamentos, iluminação e sistemas de ar condicionado para dias úteis, fins de semana e feriados; ser capaz de calcular os efeitos de inércia térmica; permitir modelagem de múltiplas zonas térmicas; realizar cálculo de carga térmica; e produzir relatórios horários do uso final de energia elétrica.

A simulação também deve ser empregada para a avaliação do conforto térmico de compartimentos de permanência prolongada que não sejam condicionados artificialmente, mesmo quando o método escolhido para a realização da etiquetagem seja o prescritivo. É necessário, nestes casos, verificar qual o percentual de horas ocupadas em conforto térmico (POC), através de alguma das hipóteses de conforto disponíveis.

Caso o método selecionado para a etiquetagem seja o prescritivo, os valores dos equivalentes numéricos de cada um dos sistemas são lançados em uma equação, para a determinação do nível de eficiência atingido pela edificação. No caso da simulação, utiliza-se o equivalente numérico determinado através da comparação entre o edifício real e os de referência.

Ainda é possível incrementar esta pontuação total em até 1 ponto, através de bonificações referentes ao emprego de sistemas que racionalizem o uso da água que comprovem uma economia mínima de 40% no consumo anual; de sistemas limpos de cogeração de energia elétrica capazes de fornecer, no mínimo, 10% da energia consumida pelo prédio; aquecimento solar de pelo menos 70% da água quente consumida (exclusivamente para edificações onde o consumo de água quente seja, pelo menos, 10% do consumo total de água); outras inovações tecnológicas capazes de promover uma economia mínima de 30% no consumo anual de eletricidade. No caso do emprego da simulação, só podem ser utilizadas as bonificações que não forem incluídas no modelo do edifício real, durante o processo de simulação.

Verifica-se, portanto, que o método brasileiro de determinação da eficiência energética das edificações comerciais, de serviços e públicas prioriza a avaliação do consumo final de energia elétrica do prédio, especialmente no caso da opção pelo método de simulação para a etiquetagem da edificação.

Batista et al. (2011) utilizaram o método prescritivo do RTQ-C para verificar o nível de eficiência energética da envoltória de dois prédios educacionais no Rio de Janeiro. Em ambos os casos, verificaram que o não atendimento aos pré-requisitos do sistema da envoltória acabavam por prejudicar a pontuação calculada para o sistema. Assim, propondo medidas corretivas como a pintura da cobertura e das paredes, foi possível aumentar a eficiência do envelope dos prédios em questão para o nível A. Por se tratarem de duas edificações projetadas e construídas sem cuidados especiais, os autores acreditam que os critérios de eficiência do regulamento brasileiro não são suficientemente rigorosos.

Amorim et al. (2016) utilizaram o método de simulação do RTQ-C para determinar a eficiência energética do edifício do Banco Central do Brasil, localizado em Brasília. Além disso, verificaram o impacto no consumo de energia do edifício causado por alterações no tipo de vidro instalado nas cortinas de vidro da edificação. O estudo verificou que o edifício real apresentava nível C de eficiência energética; contudo, a substituição dos vidros 10mm bronze por outros tipos de vidro especial,

com baixa transmissão de calor, acarretaria uma economia de até 9,46% nos gastos de eletricidade do prédio.

2.2.2 China: GB50189-2015

Segundo HONG (2009), a China é o país em desenvolvimento que mais cresce no mundo, desde a década de 1970. A preocupação com a eficiência energética nas edificações é extremamente relevante no país, tendo em vista a imensidão do território, e a grande velocidade com que a área construída do país aumenta. Segundo o autor, estima-se que até 2020 os edifícios chineses sejam responsáveis pelo consumo de 35% da energia do país. Considerando-se que os edifícios públicos consomem anualmente cerca de 7% da eletricidade produzida e que, dentre todas as novas construções, o percentual de edifícios públicos na China é de cerca de 20%, fica evidente a necessidade de prédios que sejam mais eficientes.

A legislação chinesa, denominada GB50189-2005, abrange edificações novas, ampliações e *retrofits* em edifícios. (HONG, 2009). A observância das diretrizes é obrigatória, e cabe aos governos locais garantir a sua aplicação.

A metodologia empregada pelo regulamento divide o território chinês em cinco diferentes zonas bioclimáticas. Alguns pré-requisitos gerais devem ser obedecidos, os quais dizem respeito à proporção do prédio, percentuais de abertura nas fachadas e coberturas, eficiência mínima de sistemas de aquecimento de água e de condicionamento de ar (HONG, 2009).

A avaliação da eficiência energética da edificação se dá através da comparação do consumo do edifício real com um edifício chinês típico da década de 80, cujas características físicas (transmitância térmica dos elementos da envoltória, fator solar dos vidros, densidade de potência de iluminação interna e eficiência dos sistemas de aquecimento e resfriamento) estão descritas no regulamento. Primeiramente, realiza-se uma simulação do edifício a ser avaliado utilizando-se as características das edificações antigas, de forma a verificar o consumo anual da iluminação e dos sistemas de condicionamento de ar, utilizando o *software* DOE-2. Após obter este dado, configura-se as densidades de potência de iluminação dos compartimentos do prédio de acordo com os padrões definidos no regulamento. Por fim, vão sendo introduzidas as melhorias na envoltória e nos sistemas de aquecimento

e resfriamento internos, com o objetivo de atingir uma economia mínima de 50% na energia consumida com iluminação e com condicionamento de ar (HONG, 2009).

No caso específico da envoltória, o regulamento chinês admite uma abordagem de compensação. Caso algum dos aspectos do edifício projetado não atenda aos pré-requisitos, a metodologia de simulação pode ser empregada para comprovar a eficiência do prédio proposto, quando comparado a um que obedeça aos critérios definidos na norma (HONG, 2009).

Vale ressaltar que a legislação chinesa já passou por um processo de revisão, tornando-se mais rígida e específica. HONG et al. (2015) relatam que a atualização traz uma meta de aprimorar em 30% o percentual de economia definido na versão anterior da norma. Para alcançar tal objetivo, o novo texto traz limites de transmitância ainda mais restritos para os elementos construtivos da envoltória; valores mais baixos de DPI para ambientes internos de edifícios comerciais e públicos; especificação de DPI para os ambientes externos da edificação; orientações para o isolamento de tubulações e dutos dos sistemas de condicionamento de ar; novas especificações de COP para outros tipos de sistema de ar condicionado; pré-requisitos referentes à economia e reaproveitamento de água; orientações para a inclusão de estratégias bioclimáticas no projeto do prédio; e traz um capítulo tratando da inclusão de tecnologias renováveis, como utilização da energia solar e geotérmica para o aquecimento dos ambientes.

2.2.3 União Europeia: Diretriz 2010/31/EU

A União Europeia promulgou, em maio de 2010, a Diretriz 2010/31/EU, trazendo orientações para que os países-membro criassem, em um prazo de dois anos, suas próprias legislações para a regulamentação dos padrões de eficiência energética das edificações. O documento afirma que 40% da energia consumida na União Europeia é utilizada pelos edifícios, e reforça a necessidade de fundamentar ações concretas que possibilitem alcançar o potencial de economia energética presente nos edifícios (UE, 2010). A diretriz também ressalta a importância de os entes públicos darem o exemplo à sociedade, construindo edificações eficientes e sendo os primeiros a implementar os padrões de eficiência criados.

A Diretriz 2010/31/EU abrange prédios novos e também já existentes que passem por grandes reformas (quando o custo total da obra equivale a mais de 25% do valor do edifício; ou quando mais de 25% da envoltória da edificação é alterada). A metodologia para calcular o desempenho energético da edificação deve levar em conta, no mínimo, os seguintes aspectos: as características físicas da edificação (capacidade térmica, isolamento, aquecimento passivo, elementos de resfriamento e pontes térmicas); instalações de água quente (equipamentos e isolamento das tubulações); sistemas de ar condicionado; ventilação natural e mecânica; sistema de iluminação artificial; projeto arquitetônico (características formais, orientação solar, incluindo o clima externo); sistemas de proteção solar; aquecimento passivo; condições climáticas internas; e cargas térmicas internas. (UE, 2010). A Diretriz, ainda, determina que as edificações sejam classificadas de acordo com o uso: residências unifamiliares, edifícios multifamiliares, escritórios, prédios educacionais, hospitais, entre outros.

O documento traz orientações para que os países membro da UE certifiquem-se de que, a partir de 2020, todas as novas edificações sejam *nearly zero-energy buildings (NZEB)*. Os prédios ocupados por órgãos públicos devem ser *NZEB* a partir do fim de 2018, reforçando a importância da criação de políticas que incentivem a construção deste tipo de edificação.

Semprini et al. (2016) relatam a dificuldade em atingir este padrão em edifícios existentes na Itália, sobretudo naqueles que fazem parte do patrimônio cultural (cerca de 30% das edificações existentes, segundo os autores). Como estes prédios devem manter suas características autênticas, as intervenções devem ser controladas.

Assim, os autores conduziram um estudo visando reduzir o consumo de energia para o aquecimento das salas de aula na Escola de Engenharia e Arquitetura de Bologna. No trabalho, foi utilizado o método da assinatura energética do edifício (*building energy signature, ou BES, no original*), que calcula a potência térmica necessária para aquecer um ambiente em função da temperatura externa e da carga térmica. Foi constatado que o prédio apresentava grandes perdas térmicas devido ao baixo desempenho dos vidros, esquadrias com vedação insuficiente e equipamentos de aquecimento precários. Para corrigir estes problemas, os autores sugeriram a substituição das antigas caldeiras por aquecedores a gás, instalação de controles de temperatura individuais nas salas, e instalação de janelas com vidros. A utilização de

todas estas medidas conseguiu reduzir em 32% o consumo de energia da edificação para aquecimento (SEMPRINI et al., 2016).

Em relação aos certificados de eficiência energética, a Diretriz estabelece que cada edificação ou unidade habitacional seja certificada no momento de sua construção, venda ou locação a um novo inquilino. Prédios públicos e governamentais, com área maior de quinhentos metros quadrados, deveriam ser certificados até 2015; a partir do ano seguinte, a área mínima para certificação diminuiu para 250m².

O certificado deve conter o consumo energético do prédio e valores de referência que permitam a comparação do nível de eficiência ao novo proprietário ou inquilino. Sempre que necessário, o certificado deverá recomendar medidas que possam ser implementadas para melhorar a eficiência energética do prédio. A inspeção da edificação e emissão do certificado será feita por especialistas (profissionais liberais ou funcionários de empresas públicas ou privadas) devidamente qualificados e acreditados para tal função (UE, 2010).

3. Metodologia

Após a revisão bibliográfica, o trabalho dividiu-se em seis etapas principais: a aquisição dos dados de pesquisa, a descrição dos dados obtidos; a verificação da eficiência energética dos projetos selecionados; a proposição de alterações nos projetos; baseadas nos resultados obtidos na aplicação do método do RTQ-C; a verificação do consumo energético dos edifícios melhorados, na hipótese de serem condicionados artificialmente, e a elaboração das conclusões e considerações finais. A metodologia completa está ilustrada na Figura 2.

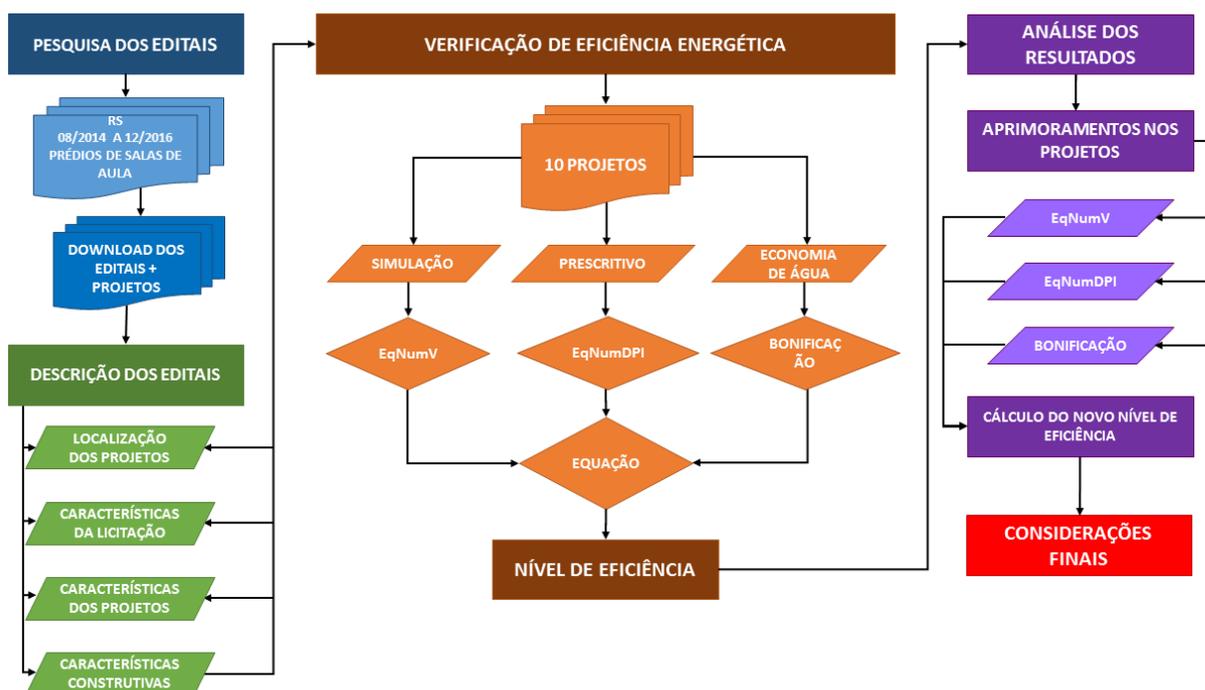


Figura 2 – Fluxograma da metodologia de pesquisa.

A primeira etapa desta pesquisa foi a realização de uma pesquisa bibliográfica acerca dos temas relevantes e necessários para a elaboração do trabalho, a qual foi apresentada no capítulo anterior. Neste capítulo, serão descritas as metodologias empregadas em todas as etapas posteriores.

A seguir, serão detalhados os procedimentos empregados em cada uma das etapas do trabalho: a aquisição dos dados de pesquisa, com sua caracterização; a

verificação dos pré-requisitos gerais para o processo de etiquetagem; a simulação computacional dos projetos selecionados, visando a obtenção do POC em cada um dos ambientes de permanência prolongada; a análise do sistema de iluminação de cada projeto, para calcular o Equivalente Numérico de Iluminação (EqNumDPI); a determinação da pontuação de bonificação a que cada projeto faz jus; e cálculo do nível de eficiência de cada prédio, através da Equação Geral do RTQ-C.

3.1 Obtenção dos Dados da Pesquisa

Os editais de licitação a serem analisados neste trabalho foram obtidos através do portal de Compras Governamentais (2017). Neste site, são publicadas todas as licitações em vigor dos órgãos da Administração Pública. Também nele estão arquivados os dados referentes a licitações já finalizadas. A Figura 3 apresenta a interface de pesquisa de licitações, disponível através do link “Consultas” – “Licitações”, na página inicial do Portal.

The image shows the search interface of the Comprasnet portal. At the top, it identifies the 'Portal de Compras do Governo Federal' and 'Comprasnet' logo, along with the 'MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO'. A navigation bar includes 'Portal de Compras Governamentais' and 'SIASG - Ambiente Produção'. The main heading is 'LICITAÇÕES DO GOVERNO FEDERAL'. Below this, there are instructions and filters for searching bids. The filters include:

- Número da Licitação:** A text input field with a placeholder '(Preencha número e ano. Ex: 102005)'.
- Período de Publicação:** Two date pickers, one for 'Desde' (01/12/2016) and one for 'Até' (15/12/2016), with '(dd/mm/aaaa)' format instructions.
- Objeto:** A text input field.
- Modalidades:** A list of checkboxes for 'Convite', 'Tomada de Preço', 'Concorrência', 'Concurso', 'Pregão', 'RDC', and 'Todas'.
- Tipos de Concorrência:** A list of checkboxes for 'Concorrência', 'Concorrência SRP', 'Concorrência Internacional', 'Concorrência Internacional SRP', and 'Todos'.
- Tipos de Pregão:** A list of checkboxes for 'Pregão Eletrônico SRP', 'Pregão Eletrônico', 'Pregão Presencial SRP', 'Pregão Presencial', and 'Todos'.
- Tipos de RDC:** A list of checkboxes for 'RDC Eletrônico SRP', 'RDC Eletrônico', 'RDC Presencial SRP', 'RDC Presencial', and 'Todos'.
- Unidades da Federação:** A dropdown menu with 'Paraná', 'Rio Grande do Sul', and 'Santa Catarina' selected, and 'Selecionar'/'Excluir' buttons.
- Municípios:** A dropdown menu with 'Selecionar'/'Excluir' buttons.
- Cód. UASG (Unid. de Compra):** A dropdown menu with 'Selecionar'/'Excluir' buttons.
- Materiais:** Radio buttons for 'Material', 'Catálogo', and 'Nenhum' (with '(máximo 20 Materiais)' limit), and a dropdown menu with 'Selecionar'/'Excluir' buttons.
- Serviços:** Radio buttons for 'Serviço', 'Catálogo', and 'Nenhum' (with '(máximo 20 Serviços)' limit), and a dropdown menu with 'Selecionar'/'Excluir' buttons.

 At the bottom left, there are 'Limpar' and 'OK' buttons. At the bottom right, there is a green bar with the 'Acesso à Informação' logo.

Figura 3 – Página de consulta de licitações no portal Comprasnet.
Fonte: Comprasnet, 2017.

O mecanismo de pesquisa permite diversas combinações de variáveis para que o usuário procure os dados que lhe interessam. É possível localizar um edital específico de uma determinada licitação, bastando para isso informar o número, a modalidade e o órgão que a promoveu, identificado pelo seu código de Unidade Administrativa de Serviços Gerais (UASG). Também é possível limitar a pesquisa por Estado, Município, ou por objeto da licitação. Contudo, para pesquisas mais abrangentes, o sistema limita o período de cada procura para um máximo de 15 dias.

Para a aquisição dos dados relevantes para este trabalho, foram utilizadas as seguintes configurações:

- Data de Publicação: períodos de, no máximo, 15 dias, começando em 01/08/2014 e terminando em 31/12/2016;
- Unidades da Federação: Rio Grande do Sul;
- Modalidades: foram pesquisadas aquelas modalidades que permitem a contratação de obras de construção: Convite, Tomada de Preço, Concorrência e o RDC;
- Os demais campos de variáveis não foram preenchidos, de forma a não limitar os resultados retornados pela pesquisa.

Utilizando estes parâmetros, o sistema do portal de Compras Governamentais entrega ao usuário uma lista de licitações realizadas por todos os órgãos da Administração Pública durante cada quinzena pesquisada, conforme pode ser visto na Figura 4.

Portal de Compras do Governo Federal

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO
Brasília, 07 de Junho de 2017

Comprasnet

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO

Portal de Compras Governamentais

SIASG - Ambiente Produção

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade do Rio Grande
Pró-Reitoria Administrativa
Código da UASG: 154042

Tomada de preço Nº 3/2015
Objeto: Objeto: Execução do serviço de substituição da membrana de PVC para cobertura de quadra poliesportiva.
Edital a partir de: 23/12/2015 das 08:00 às 12:00 Hs e das 13:30 às 17:30 Hs
Endereço: Av. Itália, Km 08 - Carreiros - - Rio Grande (RS)
Telefone:
Fax:
Entrega da Proposta: 19/01/2016 às 10:00Hs

[Histórico de eventos publicados...](#)

Itens e Download

8 **Rio Grande- RS**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade do Rio Grande
Pró-Reitoria Administrativa
Código da UASG: 154042

RDC Eletrônico Nº 2/2015
Objeto: Objeto: Contratação de empresa ou consórcio de empresas para construção do prédio do Instituto de Educação
Edital a partir de: 18/12/2015 das 08:00 às 12:00 Hs e das 13:30 às 17:30 Hs
Endereço: Av. Itália, Km 08 - Carreiros - - Rio Grande (RS)
Telefone:
Fax:
Entrega da Proposta: 18/12/2015 às 08:00Hs

[Histórico de eventos publicados...](#)

Itens e Download

(Licitações 1-8 de 8)

Figura 4 - Exemplo do resultado de pesquisa de licitações no portal Comprasnet.
Fonte: Comprasnet, 2017.

Cada uma das licitações que constam na lista resultante da pesquisa realizada está identificada por um número, seguido da cidade onde se localiza a sede do órgão licitante. A seguir, são apresentadas informações a respeito da unidade, como o ministério ao qual ela está subordinada, e seu código UASG. Em seguida, tem-se os detalhes da licitação em si: a modalidade e o número, uma descrição do objeto da contratação, o período para análise do edital, e a data e local para a entrega das propostas.

A cada pesquisa realizada, foi necessário identificar, através do primeiro bloco de dados de cada uma das licitações, aquelas que foram realizadas por Universidades e Institutos Federais. A seguir, lia-se a descrição do objeto da licitação, para identificar aquelas que interessavam a este trabalho.

Foram desconsideradas todas as licitações cuja descrição do objeto referia-se à reforma de edificação, uma vez que esta pesquisa se ocupa da construção de edificações novas. Da mesma forma, outros tipos de obras, como adequação de instalações elétricas e de rede, obras de infraestrutura viária, também não foram consideradas, uma vez que os projetos deste tipo de obra não fornecem informações acerca das características construtivas do edifício, as quais são essenciais para a simulação de eficiência energética.

Utilizando os critérios descritos anteriormente, foram selecionadas 144 licitações do banco de dados, cujos arquivos digitais dos editais foram baixados. Contudo, nem todos os arquivos obtidos continham os projetos dos prédios licitados em anexo. Sendo assim, foi necessário identificar os editais que continham os projetos em anexo, o que corresponde a 77 licitações.

A última etapa foi verificar a área construída das edificações licitadas. Foram rejeitadas as licitações de construção de edifícios cuja área fosse menor que quinhentos metros quadrados, requisito para a obrigatoriedade da aplicação da IN 02 (MP, 2014). Como resultado, o número de projetos a serem analisados na próxima etapa foi reduzido para 44, cerca de 57% do número original.

3.2 Caracterização dos Dados da Pesquisa

A etapa de caracterização dos dados colhidos na fase anterior do trabalho tem dois objetivos principais. O primeiro deles é compreender os dados coletados, conhecendo suas características sob três aspectos principais: o edital de licitação (modalidade, valor total e tipo de obra), a edificação de um modo geral (uso, área construída, número de pavimentos, valor do m² construído), e atributos construtivos relacionados diretamente ao processo de etiquetagem (composição das paredes externas, da cobertura, vidros e reaproveitamento de água das chuvas ou águas cinzas).

A segunda finalidade da caracterização é possibilitar a compreensão dos resultados da etapa de simulação dos projetos estudados, através da comparação dos dados obtidos com as características dos projetos, a fim de verificar alguma possível correlação entre eles.

Foram coletadas informações referentes às licitações realizadas e aos projetos das edificações. Em relação às licitações, foram verificados os seguintes aspectos: IFES interessada na contratação, modalidade da licitação, ano de realização do processo, valor do orçamento da obra e tipo de obra.

Quanto aos dados dos projetos, foram averiguados o número de pavimentos de cada edificação, a área total construída e a área dos diferentes usos presente no programa do projeto, divididas em quatro categorias: salas de aula, áreas de permanência temporária, outros usos e áreas cobertas abertas. Também foram verificadas as características dos elementos de vedação de cada prédio: paredes e coberturas (materiais e espessura das diversas camadas, transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e absortância). Por fim, foram examinados os vidros presentes nas esquadrias de cada projeto.

3.3 Verificação dos Pré-Requisitos Gerais

Para que um projeto possa receber a ENCE nível A, é necessário que esse atenda a dois pré-requisitos específicos do RTQ-C, os quais dizem respeito aos circuitos elétricos e ao aquecimento de água.

Em relação aos circuitos elétricos é necessário que seja possível aferir o consumo de eletricidade de acordo com o tipo de uso: iluminação, tomadas, ar condicionado, etc. Para que este requisito seja considerado atendido, verificou-se os projetos elétricos de cada um dos projetos, sobretudo o quadro de cargas, que permite uma visualização clara de todos os circuitos elétricos e suas finalidades.

Quanto à questão do aquecimento de água, nenhum dos prédios incluídos neste trabalho apresenta consumo de água quente; desta forma, considerou-se que todos atenderam ao pré-requisito.

3.4 Cálculo do EqNumV dos Projetos

A determinação do Equivalente Numérico de Ventilação (EqNumV) depende da simulação termo-energética dos prédios estudados, a fim de determinar o POC dos ambientes de permanência prolongada. O processo se divide em três grandes etapas principais: a modelagem geométrica e numérica do projeto, a configuração dos dados

de saída necessários para a avaliação de conforto e a análise dos resultados, de acordo com a hipótese de conforto térmico selecionada.

A primeira etapa da criação dos modelos para a simulação energética é a modelagem geométrica da edificação. O RTQ-C não especifica como deve ser realizada a divisão do modelo em zonas térmicas. Segundo a ASHRAE, uma zona térmica pode representar um espaço ou conjunto de espaços de uma edificação, desde que estes sejam semelhantes em suas características físicas, cargas (iluminação, equipamentos, condicionamento de ar), e utilização (população, horários de ocupação e atividades desenvolvidas). Como o objetivo neste trabalho é a avaliação do percentual de horas ocupadas em conforto de cada um dos ambientes, optou-se por modelar cada um dos ambientes dos projetos como uma zona térmica individual.

Nos projetos que apresentavam algum tipo de forro (PVC, fibramineral, gesso acartonado) em alguns ambientes do pavimento, o espaço entre o forro e a laje de piso do pavimento imediatamente superior foi considerado como uma zona térmica independente. Da mesma forma, as coberturas das edificações foram representadas como zonas térmicas, conforme ilustrado na Figura 5.

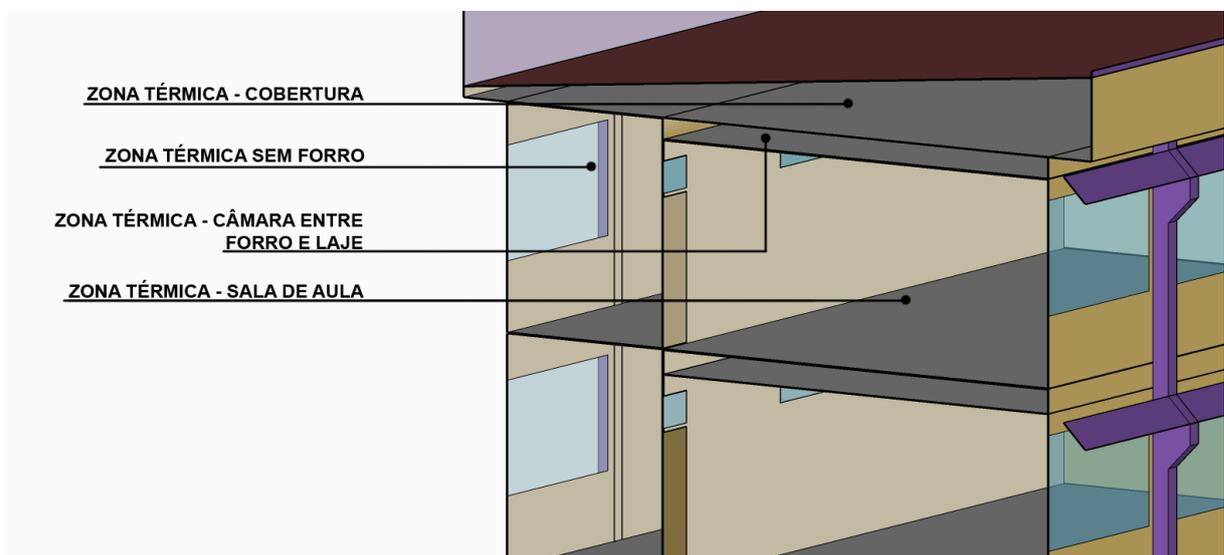


Figura 5 - Câmara entre o forro e a laje.

No OpenStudio, há uma diferença entre espaço e zona térmica. O programa permite a modelagem de cada compartimento de um edifício como um espaço; porém, estes espaços precisam ser convertidos em zonas térmicas, para que se possa realizar a simulação no EnergyPlus. O OpenStudio permite que vários espaços

modelados isoladamente compoñam uma única zona térmica. Porém, neste trabalho optou-se por manter cada sala das edificações como uma zona térmica individual.

A utilização do OpenStudio para a modelagem geométrica apresenta algumas vantagens em relação ao *plugin* Euclid, anteriormente conhecido como Legacy OpenStudio. Em primeiro lugar, o programa disponibiliza uma ferramenta que possibilita a criação de múltiplos espaços simultaneamente, a partir de um esboço da planta baixa do pavimento. O comando em questão converte todos os polígonos selecionados em espaços individuais, bastando que o usuário informe o pé-direito desejado.

A Figura 6 ilustra a utilização do comando. No primeiro passo, seleciona-se o diagrama esquemático dos espaços e aciona-se a ferramenta. Após escolher a altura dos compartimentos e o número de pavimentos, os espaços são automaticamente criados simultaneamente.

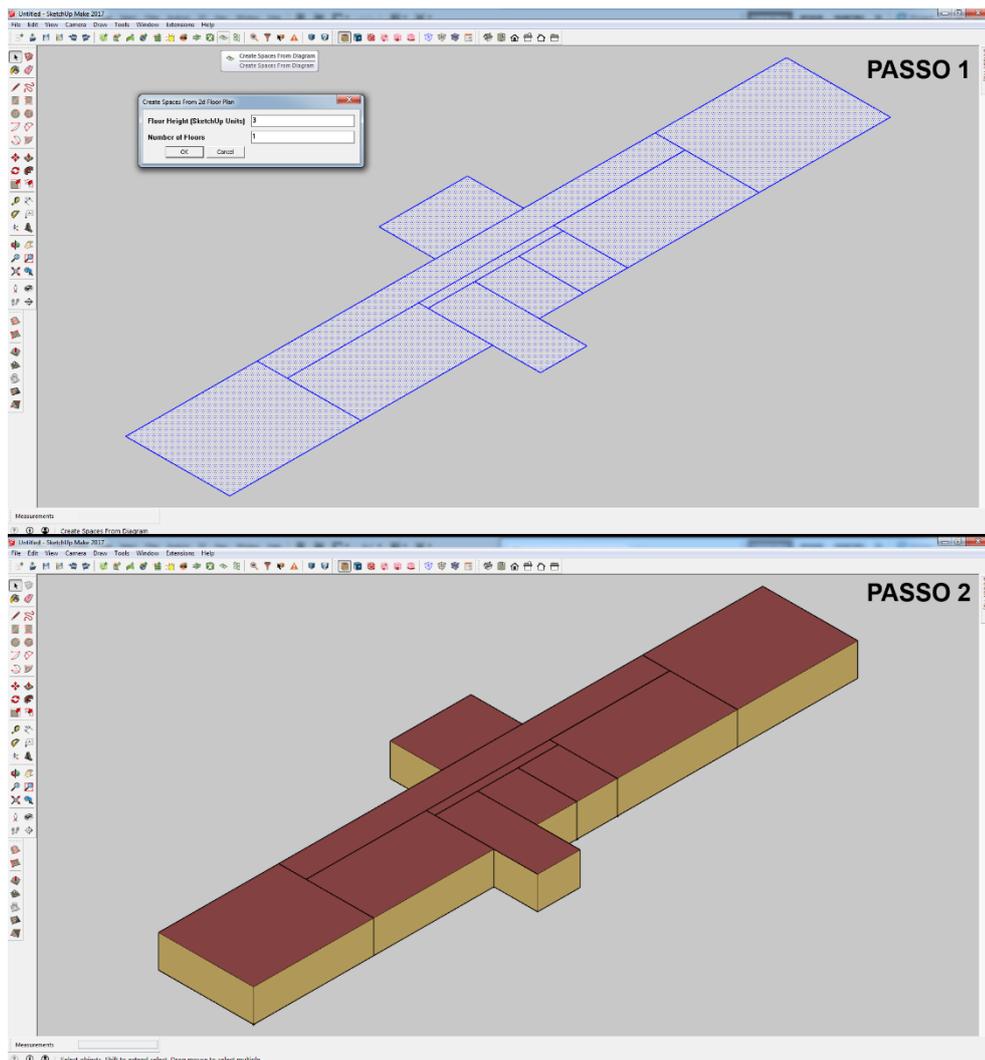


Figura 6 - Utilização da ferramenta "Create spaces from diagram".

Uma segunda vantagem oferecida por este programa é a possibilidade da criação de portas e janelas através da projeção de geometrias soltas (“*loose geometry*”, na nomenclatura do programa) desenhadas diretamente sobre os planos das paredes dos ambientes. Enquanto no antigo *plugin* era necessário criar as esquadrias individualmente em cada uma das zonas térmicas, o OpenStudio permite a criação de várias entidades em um único comando. Um único polígono representando uma porta entre dois ambientes, por exemplo, é suficiente para criar a esquadria nos dois espaços adjacentes. Pode-se ver a aplicação do comando em questão na Figura 7.

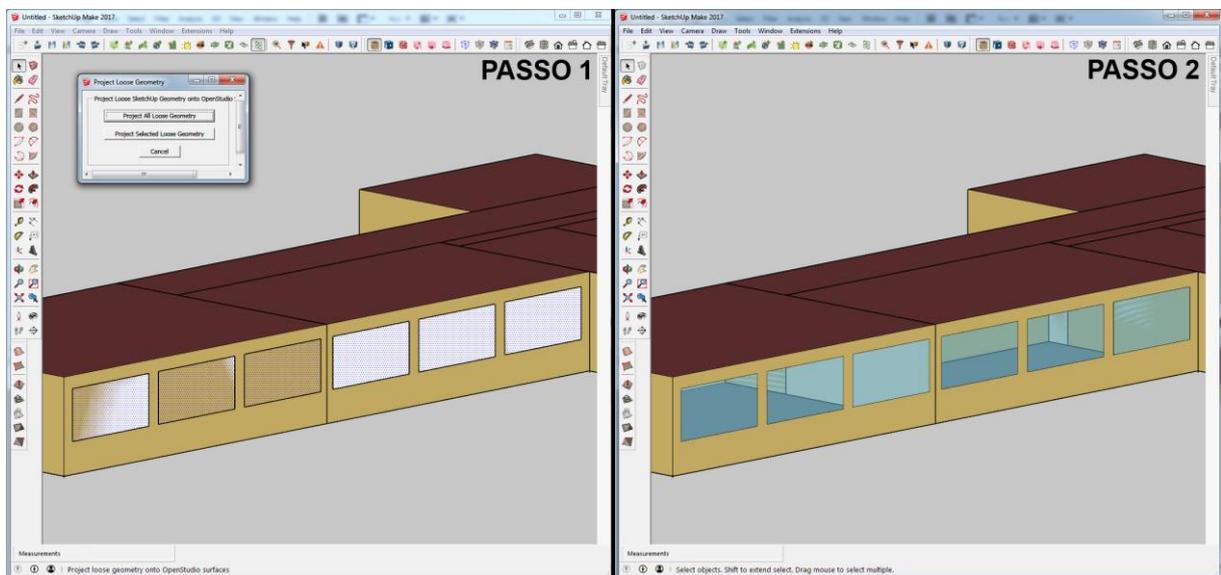


Figura 7 - Utilização da ferramenta "Project Loose Geometry".

Outra ferramenta útil do OpenStudio e ausente no *plugin* Euclid é a opção de desenhar automaticamente a intersecção nas superfícies de espaços adjacentes. Estas linhas de intersecção são necessárias para que o programa consiga determinar corretamente as trocas térmicas entre as superfícies opacas de dois ambientes. A Figura 8 apresenta a utilização da ferramenta: à esquerda, tem-se a situação do projeto, com as seis salas do segundo pavimento sobrepostas a três salas no pavimento térreo, sem nenhuma correspondência. À direita, mostra-se o forro das salas do térreo, antes e após a utilização do comando, já subdividido.

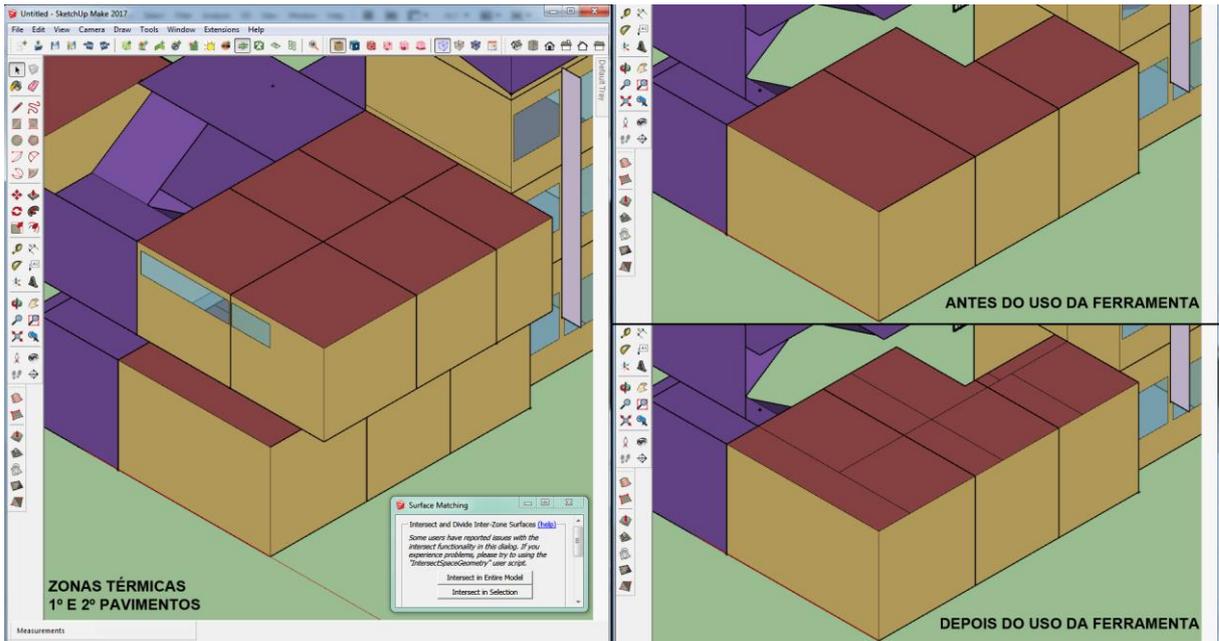


Figura 8 - Utilização da ferramenta "Intersect and divide inter-zone surfaces"

Contudo, foram encontrados alguns problemas durante a utilização dessa ferramenta, sobretudo em superfícies horizontais. Ao subdividir determinados planos de forro e de piso, o programa não renomeava automaticamente os novos polígonos criados, ocasionando problemas na correlação entre as superfícies de dois ambientes adjacentes. Tais problemas foram facilmente detectados com a ajuda da visualização do modelo de acordo com as condições de contorno das superfícies (“*boundary conditions*”), e foram sanados apagando e redesenhando a superfície com problema, para que o novo polígono pudesse ser automaticamente renomeado pelo programa. Este processo de correção está demonstrado na Figura 9.

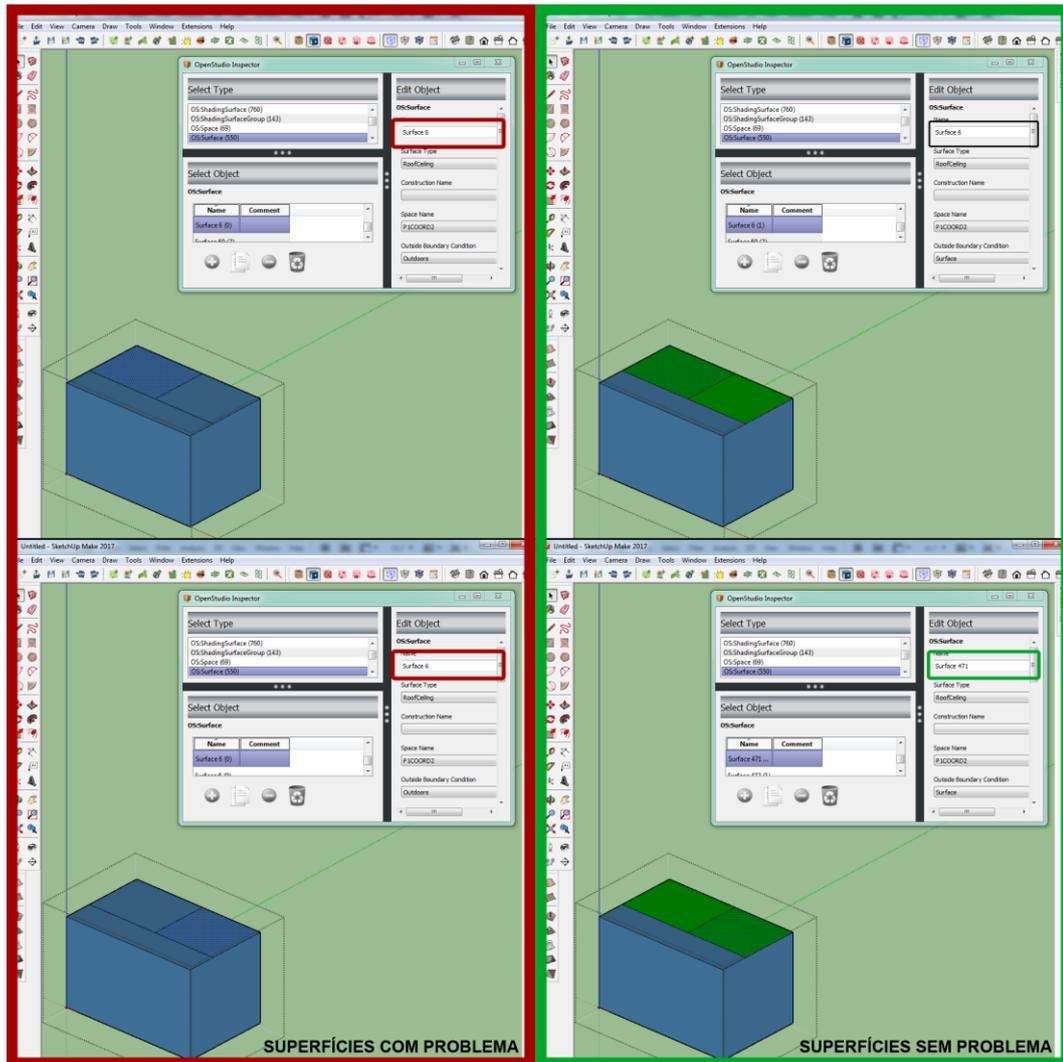


Figura 9 - Resolução dos problemas de intersecção de superfícies.

A última etapa da modelagem geométrica é a introdução dos elementos de sombreamento. Para efeitos de modelagem, além dos brises e marquises eventualmente existentes nos projetos, paredes e pilares que se estendem além dos limites dos ambientes (enquadrando-se neste caso também as platibandas das coberturas), e elementos vazados, como cobogós, são considerados como elementos de sombreamento, conforme ilustrado na Figura 10.

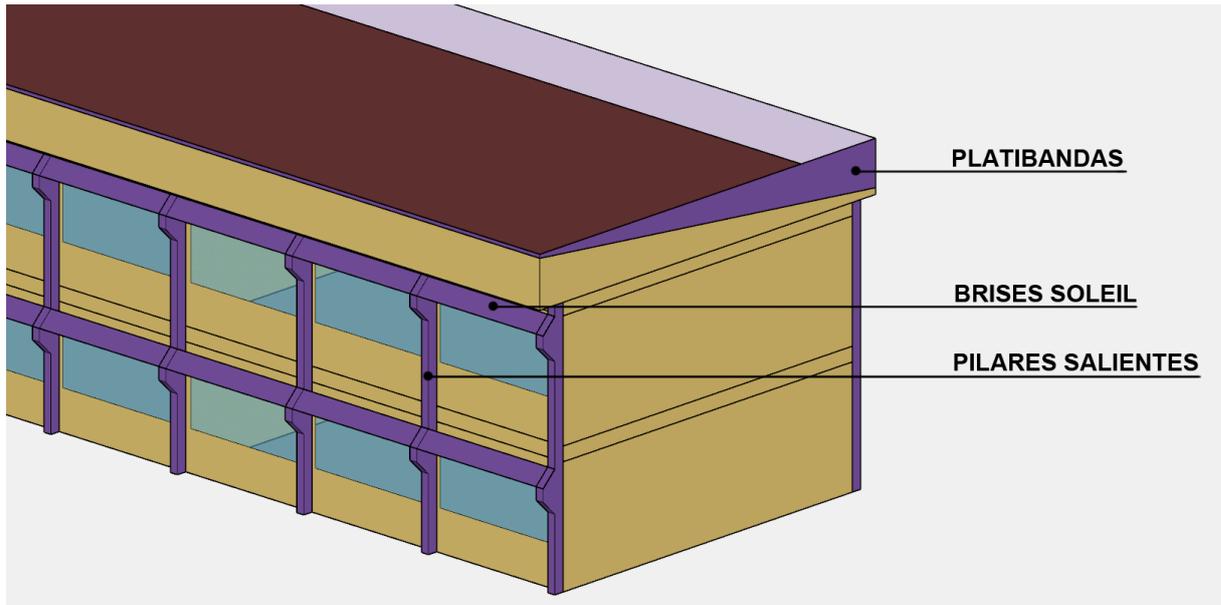


Figura 10 - Exemplo de elementos de sombreamento.

Com a modelagem geométrica completa, está encerrada a utilização do *plugin* gráfico do OpenStudio no SketchUp. As próximas etapas (configuração das características físicas dos materiais componentes dos elementos de vedação das edificações, agendas de utilização, definição das cargas internas) foram realizadas no programa OpenStudio.

As características dos materiais (calor específico, densidade específica e transmitância térmica) foram obtidos, em grande parte, na NBR 15220 (ABNT, 2005). Neste trabalho, procurou-se utilizar os valores médios dos intervalos fornecidos na Tabela B.3 da Norma (aqui adaptada na Tabela 2). Para os materiais que não constam na Norma Brasileira, foram utilizados valores consultados em catálogos fornecidos por fabricantes.

Tabela 2 –Características físicas dos materiais de construção.

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m·K))	c (kJ/(kg·K))
Aluzinco	2.700	55,00	0,88
Argamassa comum	1.950	1,15	1,00
Basalto	2.850	1,60	0,84
Cerâmica (pisos)	2.000	1,05	0,92
Cerâmica (tijolos)	1.700	1,00	0,92
Concreto Normal	2.300	1,75	1,00
EPS	32	0,04	1,42
Fibrocimento	2.000	0,95	0,84
Gesso cartonado	875	0,35	0,84
Madeira	900	0,29	1,34
Membranas betuminosas	1.050	0,23	1,46
Piso vinílico	2.180	0,20	0,96
Vidro comum	2.500	0,20	0,84

Fonte: adaptado de ABNT, 2005.

Para sistemas construtivos compostos por seções transversais heterogêneas, como paredes de tijolos furados ou lajes pré-fabricadas, utilizou-se o método da NBR 15220 (ABNT, 2005) para a determinação da transmitância térmica média do sistema construtivo de cada elemento. Assim, os elementos construtivos são substituídos por paredes equivalentes com seções homogêneas, cujos dados podem ser inseridos no programa. A Figura 11 demonstra a conversão de uma parede de tijolos cerâmicos furados em um modelo teórico com camadas homogêneas.

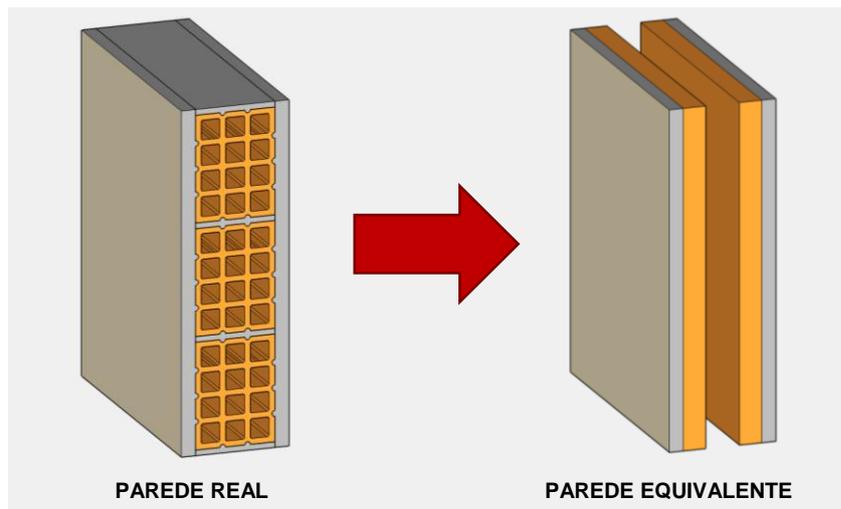


Figura 11 - Conversão de parede real em parede equivalente.

Os valores de absorptância utilizados para as superfícies opacas foram extraídos da Tabela B.2 da NBR 15220/2005, e estão relacionados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Absortância dos materiais opacos da envoltória.

Material	α
Tijolo aparente	0,70
Pintura branca	0,20
Pintura de cor média	0,50
Pintura de cor escura	0,70
Concreto aparente	0,70
Telha de fibrocimento	0,70
Telha de aluzinco aparente	0,05

Fonte: adaptado de ABNT, 2005.

As características dos elementos translúcidos foram determinadas de acordo com a metodologia e os dados fornecidos pela NBR 15220/2005, conforme a Tabela 4. Nenhum dos projetos analisados especifica vidros coloridos ou especiais, portanto foram utilizadas as características dos vidros comuns presentes na Norma.

Tabela 4 – Características dos vidros utilizados.

Espessura	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m·K))	c (kJ/(kg·K))	α	ξ
3mm	2.500	1,00	0,84	0,15	0,84
4mm					
6mm					

Fonte: adaptado de ABNT, 2005.

A interface do OpenStudio facilita a importação de quaisquer características de um outro arquivo já criado pelo usuário ou por terceiros. Assim, após realizar a configuração do primeiro modelo deste trabalho, os dados inseridos puderam ser facilmente aproveitados nos modelos seguintes, garantindo a uniformidade dos objetos utilizados.

A seguir, passou-se à etapa de configuração das agendas de funcionamento da edificação. Por se tratarem de prédios com programas mistos em sua maioria, foram criadas agendas de funcionamento e ocupação diferenciadas para cada tipo de uso encontrado: salas de aula e laboratórios de ensino, salas administrativas, salas de professores, cantinas e lancherias, auditórios e ambientes de permanência transitória (circulações, escadas, banheiros, depósitos de material de limpeza, almoxarifados). A Figura 12 a seguir ilustra as diferentes agendas de ocupação consideradas neste trabalho.

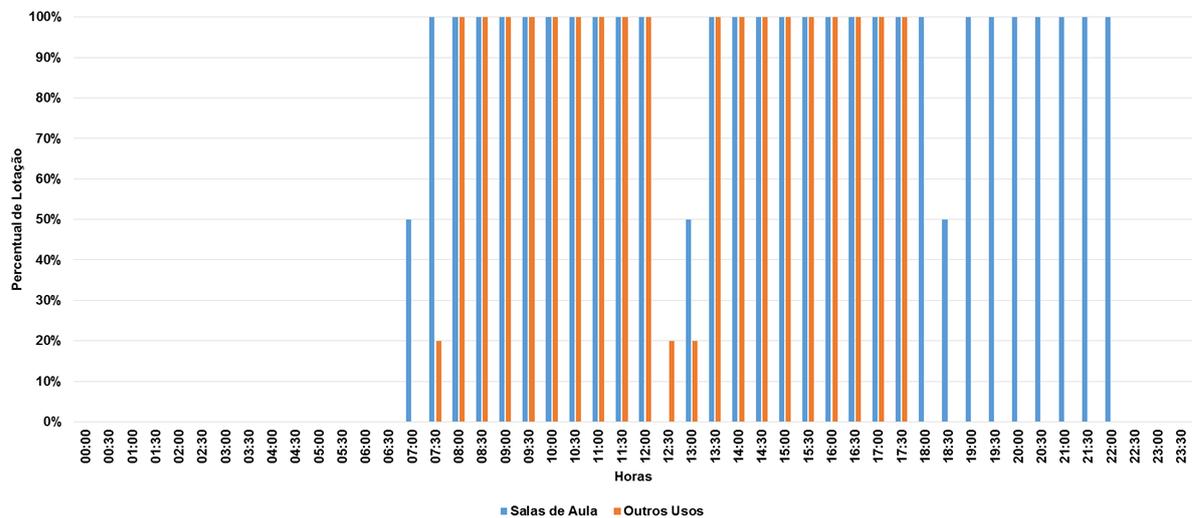


Figura 12 - Gráfico das agendas de ocupação consideradas.

As barras coloridas representam os dois tipos de ocupação consideradas. Nas salas de aula (representadas em azul), previu-se a utilização nos três turnos do dia. Já nos demais ambientes (administrativos, salas de professores, gabinetes, etc.) estimou-se que as atividades ocorrem durante os turnos da manhã e tarde, com uma redução da ocupação durante o horário de almoço.

A interface de ajuste das agendas no OpenStudio é gráfica, facilitando a definição de agendas únicas para os diferentes dias da semana, e até mesmo para cada dia do ano, caso seja necessário. No lado esquerdo, é possível criar uma agenda padrão para determinado uso, e outras agendas específicas para datas em que a ocupação é diferente, como fins-de-semana. A ocupação é representada por uma linha, que demonstra a porcentagem de ocupantes na sala, em relação à densidade populacional definida. À direita, os calendários informam, através de um código de cores, qual agenda está aplicada a qual dia.

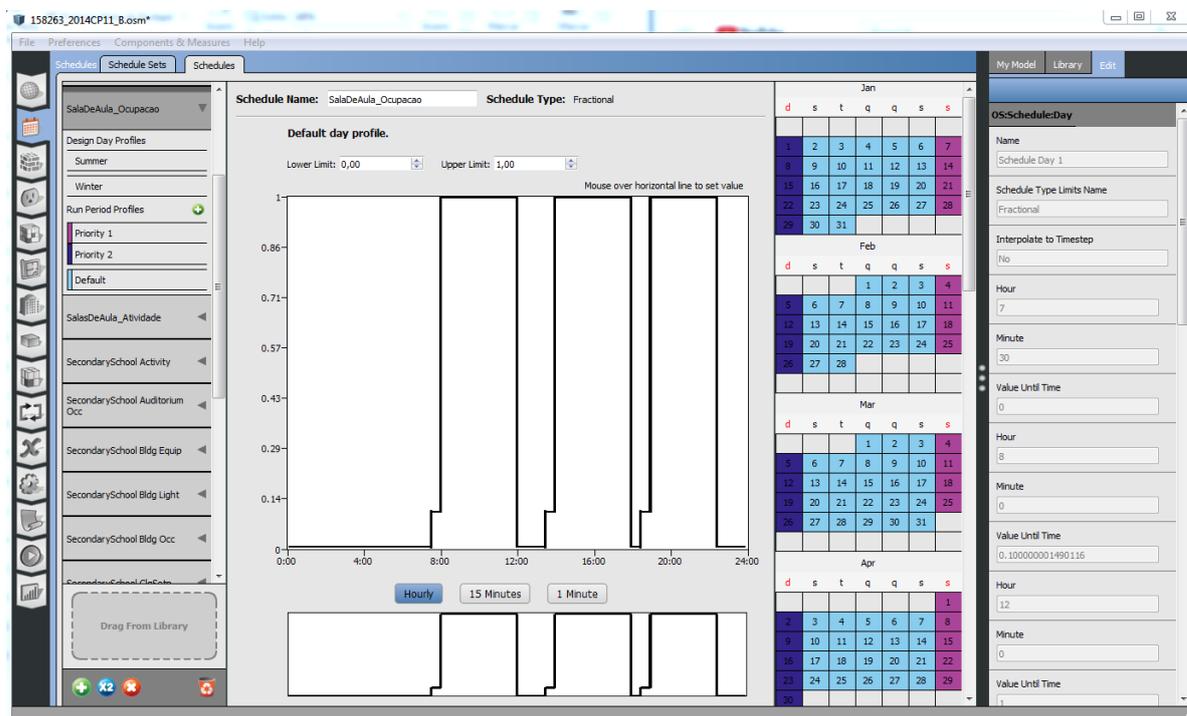


Figura 13 - Interface gráfica das agendas no OpenStudio.

A etapa seguinte é a definição das cargas internas do edifício: quantidade de pessoas e seu nível de atividade, cargas de equipamentos gerais e específicos, e cargas da iluminação dos ambientes.

As densidades populacionais foram determinadas de acordo com os dados das Tabelas 1 e 4 da NBR 9077/2001. A primeira tabela é utilizada para classificar os ambientes quanto ao seu uso; na segunda tabela, constam os dados de densidade populacional para cada tipo de sala. A Tabela 5 a seguir apresenta os valores de densidade populacional utilizados nos modelos deste trabalho.

Em relação ao nível de atividade dos ocupantes do prédio, utilizou-se a referência da NBR 16401/2008, que define entre 1,0met e 1,2met (ou entre 105W e 124W) o nível de atividade para pessoas utilizando as roupas apropriadas para cada

estação, e em atividade leve de escritório. Neste trabalho, considerou-se o valor de 120W para a atividade dos ocupantes das edificações.

Tabela 5 - Densidade populacional de acordo com o uso.

Uso	Ocupação
Salas de aula	1,5m ² /pessoa
Laboratórios de Ensino	5m ² /pessoa
Salas Administrativas	7,0m ² /pessoa
Salas de Professores	7,0m ² /pessoa
Cantinas e Lancherias	1,0m ² /pessoa
Auditórios	1,0m ² /pessoa
Salas de estudos	4,0m ² /pessoa
Consultórios/Gabinetes	3 pessoas

Fonte: adaptado de ABNT, 2001.

As cargas de equipamentos também foram definidas de acordo com os parâmetros estipulados pela NBR 16401/2008, nas Tabelas C. As densidades de calor dissipadas pelos equipamentos nos diversos tipos de ambientes utilizados neste trabalho estão relacionadas na Tabela 6

Tabela 6 - Densidade de carga interna de equipamentos por tipo de uso da sala.

Uso	Carga Interna
Salas de aula	5W/m ²
Auditórios	
Salas de Estudos	
Salas Administrativas	21,5 W/m ²
Salas de Professores	
Consultórios/Gabinetes	
Cantinas e Lancherias	21,5 W/m ²

Fonte: adaptado de ABNT, 2001.

A última etapa da definição das cargas internas da edificação foi a configuração das cargas provenientes da iluminação interna dos ambientes. Neste caso, os projetos elétricos e luminotécnicos de cada edificação foram utilizados como referência para a determinação dos valores a serem utilizados. Também se levou em consideração o tipo de luminária especificada nos projetos e memoriais, o que tem influência na fração de calor que é emitida para o ambiente.

Um dos projetos obtidos não apresentava o projeto elétrico como anexo. Neste caso, o modelo foi configurado considerando-se uma densidade de potência de iluminação igual à estabelecida no RTQ-C para o Nível A em prédios escolares, ou seja, 10,70 W/m².

Este foi o último passo da modelagem realizado com o programa OpenStudio, pois as ferramentas necessárias para o prosseguimento da modelagem ainda não foram implementadas no programa. São elas: a configuração da temperatura do solo e os parâmetros de ventilação natural utilizando a rede de fluxo de ar.

Além disso, o OpenStudio apresenta uma limitação em relação às unidades de medida dos seus dados de saída. Embora o programa aceite o sistema métrico para a entrada de dados para a simulação, os dados de saída do programa somente são emitidos no sistema imperial, com as temperaturas em graus Fahrenheit, em vez de graus Celsius.

Sendo assim, as últimas etapas da modelagem foram realizadas utilizando o EnergyPlus, em sua versão 8.8, através de seu componente IDFEditor. As simulações finais foram feitas com o componente EP-Launch do mesmo programa.

As temperaturas do solo foram definidas através da utilização do sub-programa Slab, integrante do EnergyPlus. Primeiramente, é necessário realizar uma simulação do modelo desconsiderando-se as trocas de calor entre o piso e o solo, para se obter as médias mensais da temperatura do ar dos ambientes no pavimento térreo dos modelos. As médias dos resultados obtidos são, então, utilizadas como dados para alimentar o aplicativo Slab. Esse calcula, através de várias iterações, a temperatura média do solo para cada mês do ano, e este dado é então introduzido no modelo.

Quanto a ventilação natural, adotou-se o modelo de rede de fluxo de ar (*Airflow Network*). Este modelo permite que o programa de simulação determine, em cada ambiente, não só a quantidade e velocidade do ar proveniente do exterior, mas também considera as interações do ar entre ambientes adjacentes (utilizando-se o tipo de controle *MultizoneWithoutDistribution*), simulando assim o efeito da ventilação cruzada.

Para que este tipo de ventilação possa ser utilizado em uma zona térmica do modelo, é necessário que esta tenha pelo menos duas aberturas em superfícies diferentes. Sendo assim, não foram consideradas as zonas que dispunham de apenas uma abertura (uma porta, por exemplo). Nos modelos analisados neste trabalho, incorrem nesta situação apenas alguns ambientes de utilização transitória, como elevadores, sanitários e depósitos. Como os índices de conforto para estes tipos de ambientes são irrelevantes para a determinação do nível de eficiência segundo a metodologia do RTQ-C, tais salas não foram incluídas nas simulações de ventilação.

Nas zonas térmicas onde a ventilação cruzada foi habilitada, foram testadas duas hipóteses de termostato para comandar o acionamento das esquadrias. A primeira delas foi a utilização de uma temperatura constante de 25°C como base para a abertura das janelas; a segunda foi a escolha do controle ASHRAE55Adaptive do

EnergyPlus, o qual determina a abertura das esquadrias de um ambiente quando a temperatura do mesmo se encontra acima da linha média da faixa de conforto da hipótese de conforto adaptativo da ASHRAE 55/2017.

O modelo de conforto adaptativo do ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2010) é baseado nos estudos de Dear e Brager, que pesquisaram dados coletados em mais de 160 prédios de escritórios espalhados por quatro continentes. Ao analisar separadamente os dados coletados nos prédios condicionados artificialmente e nos naturalmente ventilados, perceberam que, nos últimos, a adaptação dos usuários à ausência de condicionamento do ar tem um papel fundamental na percepção do conforto térmico. Enquanto os usuários dos prédios com ar condicionado têm uma expectativa de temperatura mais homogênea para sentirem-se confortáveis, os ocupantes dos edifícios com ventilação natural demonstram uma maior tolerância em temperaturas mais elevadas (DE DEAR E BRAGER, 2002). Para determinar a zona de 80% de aceitabilidade, os autores propõem a equação demonstrada na Figura 14.

$$T_{conf} = 17,8^{\circ}\text{C} + 0,31 \cdot T_{mm} \pm 3,5^{\circ}\text{C}$$

Figura 14 - Equação das temperaturas limite do conforto adaptativo.
Fonte: de Dear e Brager, 2012.

Durante a elaboração do modelo do primeiro projeto analisado nesta pesquisa, foram realizadas simulações com as duas hipóteses, para avaliar o percentual de horas ocupadas em conforto nos dois casos. Ao final da avaliação, verificou-se que a segunda hipótese apresentou resultados melhores com maior número de horas em conforto em todos os ambientes. Portanto, esta foi a hipótese adotada para todos os modelos do trabalho.

Cada uma das esquadrias do modelo foi configurada para definir o percentual mínimo de abertura em 10%, e o percentual máximo foi ajustado de acordo com o tipo de abertura da esquadria: 50% para as janelas de correr, 80% para as esquadrias maxim-ar e basculantes, e 90% para as portas de abrir. Estes percentuais de abertura foram obtidos no Anexo II do Manual para aplicação do RTQ-R (INMETRO, 2012), visto que nenhum dos documentos relativos ao RTQ-C apresenta orientações específicas quanto a este aspecto.

Os dados relativos à infiltração de ar que ocorre mesmo com as esquadrias fechadas foram obtidos em LABEEE (2013), e estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - Características das esquadrias.

Tipo de Esquadria	Flow Exponent (n)	Flow Coefficient (kg/s.m)
Porta externa, 1 folha	0,59	0,00171
Porta externa, 2 folhas	0,60	0,00252
Porta interna, 1 folha	0,59	0,0024
Porta interna, 2 folhas	0,66	0,00539
Janela ,maxi-ar	0,60	0,0014
Janela de correr, 2 folhas	0,66	0,00012
Janela basculante	0,60	0,00009
Janela fixa	0,55	0,0023

Fonte: LABEEE, 2013.

O arquivo climático escolhido para realizar as simulações foi o da cidade de Santa Maria, onde a maioria dos projetos analisados está situada. Como o RTQ-C permite a utilização de arquivos de outras cidades, nos casos em que não há dados disponíveis para a cidade da edificação avaliada; contudo, seria mais preciso utilizar as informações do próprio local do projeto.

O arquivo escolhido é oriundo do Projeto SWERA (*Solar, Wind and Energy Resource Assessment*), o qual disponibilizou, em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Laboratório LABSOLAR da Universidade Federal de Santa Catarina, arquivos TMY (*Test Meteorological Year*) para vinte cidades brasileiras (LABEEE, 2018).

A Figura 15 apresenta uma sobreposição das temperaturas médias diárias do arquivo climático utilizado com os limites para 80% de aceitabilidade do conforto adaptativo calculados a partir deles. Observa-se que, de abril a outubro, a temperatura média mensal encontra-se abaixo do limite inferior da zona de conforto.

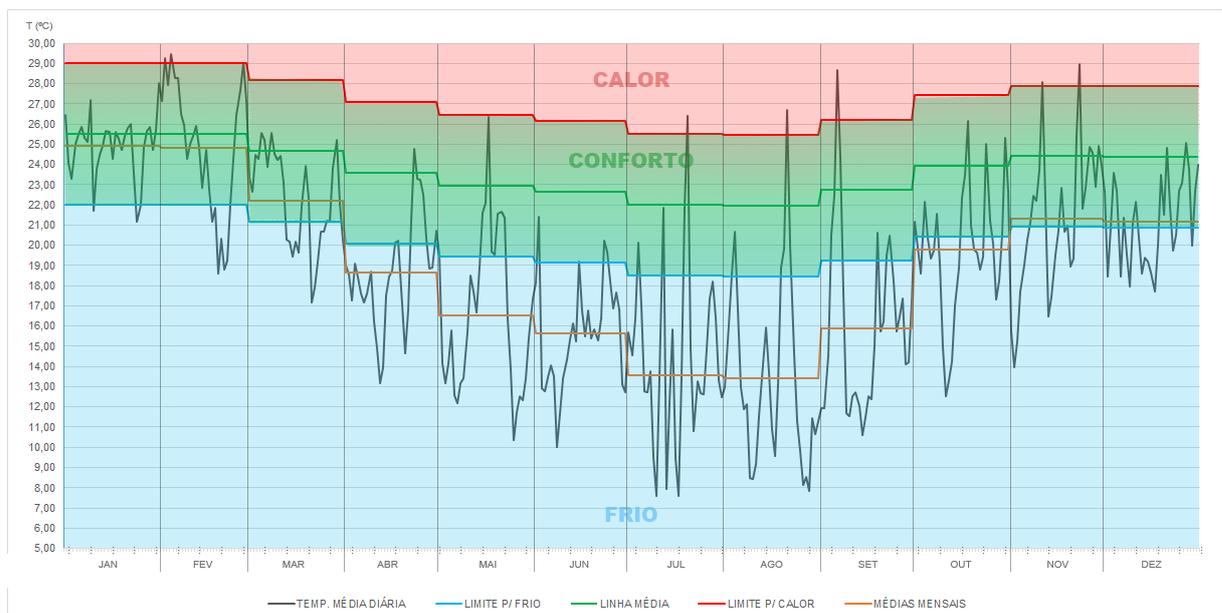


Figura 15 - Temperaturas do arquivo climático e limites do conforto adaptativo

Após a conclusão dos modelos, foram selecionadas as variáveis de saída necessárias para a avaliação do conforto nos ambientes. De acordo com a hipótese de conforto térmico adotada neste trabalho, estas variáveis são: a temperatura do ar externo e a temperatura operativa em cada zona térmica, para as horas em que estas estão efetivamente ocupadas.

De posse dos resultados da simulação, realizou-se a análise de cada uma das temperaturas operativas obtidas, para verificar se a zona térmica estava em situação de conforto térmico, ou desconforto por calor ou frio. Após a determinação da porcentagem de horas ocupadas em conforto, atribuiu-se o nível de eficiência de cada um dos ambientes, conforme a Tabela 6.4 do RTQ-C (INMETRO, 2010a).

MES	DIA	HORA	MM	TBS	ZL_S01	SIT	ZL_S02	SIT	ZL_S03	SIT	ZL_S04	SIT	Z2_S01	SIT	Z2_S02	SIT	Z2_S03	SIT	Z2_S04	SIT	
M2	28	06:00:00	21,16	21,53																	
M2	28	07:00:00	21,16	21,98																	
M2	28	08:00:00	21,16	22,75	24,92	CONFORTO	26,01	CONFORTO	26,05	CONFORTO	24,92	CONFORTO	26,19	CONFORTO	27,50	CONFORTO	27,58	CONFORTO	26,19	CONFORTO	
M2	28	09:00:00	21,16	22,94	25,54	CONFORTO	26,00	CONFORTO	26,03	CONFORTO	25,53	CONFORTO	26,22	CONFORTO	26,83	CONFORTO	26,30	CONFORTO	26,21	CONFORTO	
M2	28	10:00:00	21,16	24,48	26,62	CONFORTO	26,76	CONFORTO	26,78	CONFORTO	26,62	CONFORTO	27,19	CONFORTO	27,39	CONFORTO	27,47	CONFORTO	27,18	CONFORTO	
M2	28	11:00:00	21,16	25,95	27,55	CONFORTO	27,66	CONFORTO	27,71	CONFORTO	27,54	CONFORTO	28,05	CALOR	28,34	CALOR	28,42	CALOR	28,04	CALOR	
M2	28	12:00:00	21,16	26,08	27,74	CONFORTO	27,78	CONFORTO	27,83	CONFORTO	27,72	CONFORTO	28,22	CALOR	28,40	CALOR	28,43	CALOR	28,20	CALOR	
M2	28	13:00:00	21,16	26,23	27,46	CONFORTO	27,48	CONFORTO	27,55	CONFORTO	27,42	CONFORTO	28,24	CALOR	28,46	CALOR	28,58	CALOR	28,20	CALOR	
M2	28	14:00:00	21,16	26,17	27,60	CONFORTO	27,76	CONFORTO	27,83	CONFORTO	27,56	CONFORTO	28,40	CALOR	28,79	CALOR	28,91	CALOR	28,36	CALOR	
M2	28	15:00:00	21,16	26,93	28,23	CALOR	28,05	CALOR	28,11	CALOR	28,26	CALOR	28,80	CALOR	28,85	CALOR	28,95	CALOR	28,78	CALOR	
M2	28	16:00:00	21,16	28,01	29,14	CALOR	28,64	CALOR	28,70	CALOR	29,13	CALOR	29,65	CALOR	29,46	CALOR	29,55	CALOR	29,63	CALOR	
M2	28	17:00:00	21,16	28,01	29,02	CALOR	28,64	CALOR	28,69	CALOR	29,01	CALOR	29,64	CALOR	29,51	CALOR	29,60	CALOR	29,64	CALOR	
M2	28	18:00:00	21,16	26,98	28,20	CALOR	28,07	CALOR	28,12	CALOR	28,21	CALOR	28,91	CALOR	28,98	CALOR	29,06	CALOR	28,92	CALOR	
M2	28	19:00:00	21,16	24,88	26,73	CONFORTO	26,83	CONFORTO	26,88	CONFORTO	26,75	CONFORTO	27,65	CONFORTO	27,88	CALOR	27,95	CALOR	27,67	CONFORTO	
M2	28	20:00:00	21,16	22,75	25,55	CONFORTO	25,94	CONFORTO	25,97	CONFORTO	25,57	CONFORTO	26,31	CONFORTO	26,83	CONFORTO	26,89	CONFORTO	26,33	CONFORTO	
M2	28	21:00:00	21,16	21,63	25,08	CONFORTO	25,59	CONFORTO	25,62	CONFORTO	25,10	CONFORTO	25,84	CONFORTO	26,46	CONFORTO	26,52	CONFORTO	25,86	CONFORTO	
M2	28	22:00:00	21,16	21,41	24,59	CONFORTO	25,25	CONFORTO	25,28	CONFORTO	24,61	CONFORTO	25,34	CONFORTO	25,96	CONFORTO	26,02	CONFORTO	25,35	CONFORTO	
M2	28	23:00:00	21,16	20,97	24,90	CONFORTO	25,23	CONFORTO	25,27	CONFORTO	24,92	CONFORTO	25,19	CONFORTO	25,92	CONFORTO	26,00	CONFORTO	25,20	CONFORTO	
M2	28	24:00:00	21,16	20,68																	
M2	29	01:00:00	21,16	20,43																	
M2	29	02:00:00	21,16	20,07																	
M2	29	03:00:00	21,16	19,49																	
M2	29	04:00:00	21,16	18,44																	
M2	29	05:00:00	21,16	17,32																	
M2	29	06:00:00	21,16	16,43																	
M2	29	07:00:00	21,16	16,45																	
M2	29	08:00:00	21,16	16,98	22,72	CONFORTO	24,29	CONFORTO	24,12	CONFORTO	22,73	CONFORTO	23,37	CONFORTO	24,73	CONFORTO	24,86	CONFORTO	23,38	CONFORTO	
M2	29	09:00:00	21,16	17,29	23,80	CONFORTO	25,15	CONFORTO	25,12	CONFORTO	23,80	CONFORTO	24,07	CONFORTO	25,48	CONFORTO	25,80	CONFORTO	24,08	CONFORTO	
M2	29	10:00:00	21,16	18,20	24,01	CONFORTO	25,38	CONFORTO	25,16	CONFORTO	24,01	CONFORTO	24,11	CONFORTO	24,84	CONFORTO	24,96	CONFORTO	23,57	CONFORTO	
M2	29	11:00:00	21,16	19,63	25,00	CONFORTO	24,82	CONFORTO	24,87	CONFORTO	25,00	CONFORTO	25,10	CONFORTO	24,98	CONFORTO	25,11	CONFORTO	25,04	CONFORTO	
M2	29	12:00:00	21,16	21,00	25,25	CONFORTO	25,82	CONFORTO	25,66	CONFORTO	25,24	CONFORTO	25,77	CONFORTO	26,00	CONFORTO	25,83	CONFORTO	25,73	CONFORTO	
M2	29	13:00:00	21,16	22,20	24,82	CONFORTO	25,54	CONFORTO	25,61	CONFORTO	24,73	CONFORTO	25,06	CONFORTO	25,87	CONFORTO	26,00	CONFORTO	25,01	CONFORTO	
M2	29	14:00:00	21,16	22,93	25,29	CONFORTO	25,80	CONFORTO	25,88	CONFORTO	25,25	CONFORTO	25,58	CONFORTO	26,16	CONFORTO	26,30	CONFORTO	25,53	CONFORTO	
M2	29	15:00:00	21,16	23,33	26,04	CONFORTO	25,99	CONFORTO	26,06	CONFORTO	26,01	CONFORTO	26,07	CONFORTO	26,31	CONFORTO	26,43	CONFORTO	26,05	CONFORTO	
M2	29	16:00:00	21,16	23,56	26,47	CONFORTO	26,11	CONFORTO	26,18	CONFORTO	26,47	CONFORTO	26,48	CONFORTO	26,34	CONFORTO	26,45	CONFORTO	26,47	CONFORTO	
M2	29	17:00:00	21,16	23,37	26,56	CONFORTO	26,23	CONFORTO	26,31	CONFORTO	26,58	CONFORTO	26,73	CONFORTO	26,54	CONFORTO	26,66	CONFORTO	26,74	CONFORTO	
M2	29	18:00:00	21,16	23,14	25,83	CONFORTO	25,87	CONFORTO	25,74	CONFORTO	25,86	CONFORTO	26,09	CONFORTO	26,04	CONFORTO	26,14	CONFORTO	26,12	CONFORTO	
M2	29	19:00:00	21,16	22,46	24,86	CONFORTO	24,83	CONFORTO	24,90	CONFORTO	24,90	CONFORTO	25,31	CONFORTO	25,36	CONFORTO	25,47	CONFORTO	25,35	CONFORTO	
M2	29	20:00:00	21,16	21,01	24,57	CONFORTO	24,80	CONFORTO	24,49	CONFORTO	24,80	CONFORTO	24,89	CONFORTO	24,78	CONFORTO	24,87	CONFORTO	24,72	CONFORTO	
M2	29	21:00:00	21,16	19,66	25,39	CONFORTO	25,41	CONFORTO	25,12	CONFORTO	25,43	CONFORTO	24,50	CONFORTO	24,69	CONFORTO	24,78	CONFORTO	24,54	CONFORTO	
M2	29	22:00:00	21,16	18,97	24,74	CONFORTO	24,51	CONFORTO	24,52	CONFORTO	24,68	CONFORTO	24,43	CONFORTO	24,72	CONFORTO	24,80	CONFORTO	24,46	CONFORTO	
M2	29	23:00:00	21,16	18,92	24,62	CONFORTO	24,89	CONFORTO	24,54	CONFORTO	24,57	CONFORTO	24,66	CONFORTO	25,05	CONFORTO	24,26	CONFORTO	24,78	CONFORTO	
TOTAL DE HORAS OCUPADAS					4.160		4.160		4.160		4.160		4.160		4.160		4.160		4.160		
CONFORTO TÉRMICO						3.366		3.411		3.396		3.364		3.128		3.183		3.167		3.128	
						80,9%		82,00%		81,63%		80,87%		75,19%		76,51%		76,13%		75,19%	
DESCONFORTO POR CALOR						652		674		654		702		770		797		796		706	
						15,22%		16,20%		15,24%		16,88%		18,51%		19,16%		19,37%		16,97%	
DESCONFORTO POR FRIO						161		97		90		162		330		207		196		326	
						3,87%		2,33%		2,16%		3,89%		7,93%		4,98%		4,71%		7,84%	
CLASSIFICAÇÃO						A		A		A		A		B		B		B		B	

Figura 16 - Exemplo de tabela de verificação do conforto térmico.

Finalmente, efetuou-se a ponderação do equivalente numérico do nível de eficiência de cada ambiente pela sua fração de área em relação à área útil total do projeto. Essa foi a última etapa feita para a obtenção do EqNumV de cada projeto. A Figura 17 a seguir demonstra o processo.

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	ANC	Sala de Aula 01	88,64	A	5	0,718361
1	ANC	Sala de Aula 02	65,6	A	5	0,531639
1	ANC	Sala de Aula 03	65,6	A	5	0,531639
1	ANC	Sala de Aula 04	88,64	A	5	0,718361
1	APT	WC Masc.	18,28	A	5	-
1	APT	WC Fem.	18,28	A	5	-
1	AT	Circ.	117,59	A	5	-
1	APT	Escada	32,4	A	5	-
2	ANC	Sala de Aula 01	88,64	B	4	0,574689
2	ANC	Sala de Aula 02	65,6	B	4	0,425311
2	ANC	Sala de Aula 03	65,6	B	4	0,425311
2	ANC	Sala de Aula 04	88,64	B	4	0,574689
2	APT	WC Masc.	18,28	A	5	-
2	APT	WC Fem.	18,28	A	5	-
2	APT	Circ.	117,59	A	5	-

Área Não Condicionada (m²) 616,96 4,50 **A**

Figura 17 - Exemplo de ponderação para cálculo do EqNumV.

3.5 Cálculo do EqNumDPI dos Projetos

A determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação dos projetos passou pelas seguintes etapas, especificadas no RTQ-C e seus manuais de apoio: análise do nível de eficiência através do método da área do edifício, verificação do atendimento aos pré-requisitos específicos, comparação dos resultados das duas etapas anteriores para cada ambiente, ponderação do nível de eficiência de cada ambiente de acordo com a potência instalada, e determinação do EqNumDPI final. O fluxograma da Figura 18 ilustra as etapas do processo.

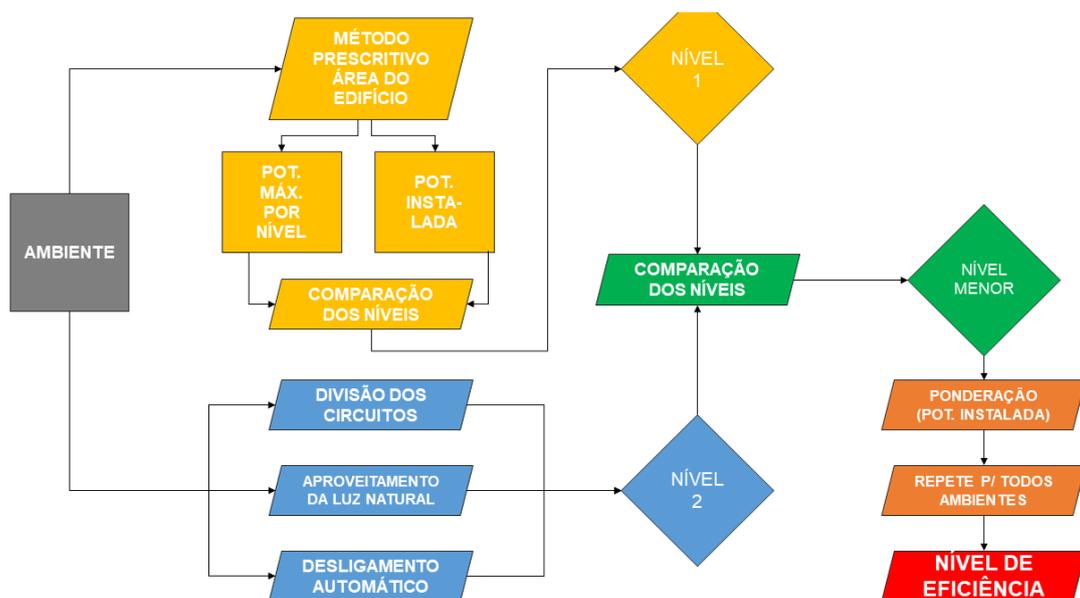


Figura 18 - Fluxograma do processo de determinação do EqNumDPI.

Primeiramente, procedeu-se a avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação, através do método da área do edifício. Para tal avaliação, utilizou-se as densidades de potência de iluminação para escolas e universidades da Tabela 4.1 do RTQ-C, conforme segue:

Tabela 8 - Densidades de potência limite para escolas e universidades.

Nível de Eficiência	Densidade de Potência máxima (W/m²)
Nível A	10,70
Nível B	12,30
Nível C	13,90
Nível D	15,50

Fonte: INMETRO, 2010a.

O primeiro passo realizado foi o cálculo da área total de cada projeto. Para a avaliação do sistema de iluminação, devem ser consideradas as áreas cobertas abertas, diferentemente da simulação computacional. Com o valor da área, procedeu-se a determinação das potências de iluminação limites para cada nível de eficiência energética, utilizando os valores da Tabela 8.

A seguir, comparou-se a potência total de iluminação instalada no projeto (verificada através dos projetos elétricos) com os limites calculados, para determinar o nível de eficiência do projeto. Constatou-se que, com poucas exceções, as luminárias utilizadas nos projetos avaliados eram fluorescentes, do tipo tubular. Em alguns casos, utilizam lâmpadas fluorescentes do tipo compacto.

Na segunda etapa da avaliação, três pré-requisitos precisam ser atendidos pelo sistema de iluminação de um determinado compartimento da edificação, para que este possa receber o nível A de eficiência energética. São eles: a divisão dos circuitos de iluminação, a contribuição da luz natural e o desligamento automático da iluminação.

A divisão dos circuitos de iluminação especifica que cada ambiente deve ter, pelo menos, um controle manual para o acionamento das luminárias, posicionado de forma a permitir que se visualize todas as lâmpadas que forem acionadas. Além disso, este pré-requisito determina que ambientes com área maior de 250 m² e menores que 1.000 m² devem ter um controle para cada 250 m² ou fração de área, e ambientes maiores de 1.000 m² devem ter um interruptor para cada 1.000 m² ou fração de área.

Para que um ambiente atenda o pré-requisito da contribuição da luz natural, é necessário que as luminárias que se encontram mais próximas das janelas possuam

um controle de acionamento separado das demais luminárias. Dessa forma, é possível mantê-las desligadas nos períodos em que a luz natural é suficiente para iluminar a sala nas áreas próximas às janelas, acionando somente as luminárias mais afastadas das janelas, conforme a Figura 19. As diferentes cores das luminárias representam o conjunto de equipamentos acionados em um mesmo interruptor. No primeiro caso, as faixas de acionamento são perpendiculares às janelas da sala, enquanto no segundo exemplo, as luminárias podem ser acionadas em linhas paralelas à parede das janelas.

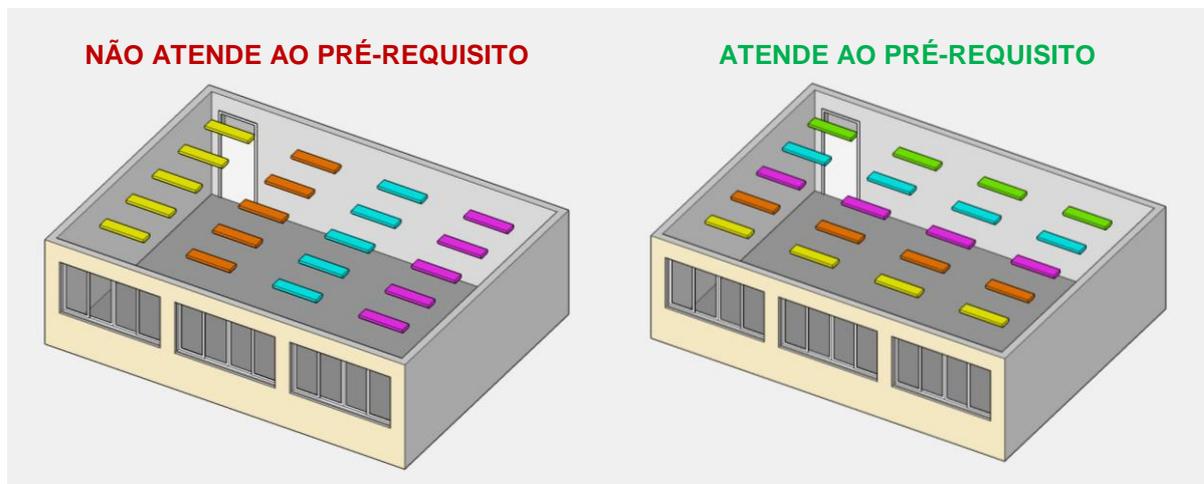


Figura 19 - Representação do aproveitamento da luz natural.

Por fim, o pré-requisito do desligamento automático do sistema de iluminação determina que, em ambientes maiores de 250 m², deve haver algum tipo de sistema para prevenir que salas desocupadas em uma edificação permaneçam com as luminárias ativas. Tal sistema pode ser um temporizador, um sensor de presença ou um alarme que sinalize que a sala está desocupada. Para ambientes menores de 250 m², embora desejável, o RTQ-C não exige a instalação de nenhum destes sistemas.

A Tabela 9 demonstra a relação entre o atendimento dos pré-requisitos e o nível de eficiência máximo que pode ser alcançado. Pode-se observar na tabela que, para que o sistema de iluminação possa atingir o nível máximo de eficiência, é necessário que ele atenda às três condições impostas pelo RTQ-C.

3.6 Cálculo dos Pontos de Bonificação

São três as possibilidades de um projeto obter um ponto de bonificação na pontuação final, segundo o RTQ-C: comprovar uma economia de 40% no uso de água, através da adoção de medidas que racionalizem o consumo; utilizar fontes de energia renovável (eólica ou fotovoltaica, por exemplo) que acarretem uma economia comprovada de 10% no consumo de energia elétrica do prédio; ou incorporar ao projeto sistemas de cogeração e inovações tecnológicas que garantam uma redução de 30% no consumo de energia da edificação.

O RTQ-C ainda possibilita que diferentes estratégias sejam combinadas para a obtenção do ponto de bonificação na pontuação final. Pode-se, por exemplo, ter uma economia de 20% no consumo de água (o que geraria meio ponto) associada à utilização de módulos fotovoltaicos que suprissem 5% da eletricidade necessária na edificação (o que também geraria meio ponto de bônus).

Contudo, através da leitura dos projetos estudados não se identificou em nenhum deles qualquer iniciativa que atendesse à segunda ou à terceira hipótese para bonificação. Sendo assim, este trabalho limitou a avaliação do ponto de bonificação à verificação do uso racional de água.

A metodologia indicada para a determinação da economia de água é adaptada daquela constante no LEED 2009. A metodologia consiste, resumidamente, em comparar o consumo anual de água de um prédio com as mesmas características de população e com equipamentos hidráulicos convencionais (chamado de consumo de referência) com o consumo do prédio real, que leva em consideração as iniciativas para redução do uso de água.

Primeiramente, buscou-se nos memoriais e orçamentos das obras algum indício da utilização de equipamentos hidráulicos econômicos (torneiras para lavatório, mictório, vasos sanitários e torneiras para pias de cozinha). Os passos seguintes foram realizados somente para aqueles projetos em que esta análise se provou verdadeira.

Para a determinação da população do edifício, foram utilizados os mesmos critérios considerados anteriormente na etapa de simulação: as Tabelas 1 e 4 da NBR 9077 serviram como base para o número de usuários. Foram classificados como

funcionários todos aqueles que trabalham nos setores diversos dos prédios (administrativo, ensino, lancherias); aos alunos, população mais numerosa de um edifício de salas de aula, foi atribuída a classificação de “visitante”, o que tem influência na frequência de uso dos aparelhos sanitários. Finalmente, considerou-se uma divisão padronizada do público entre os sexos, sendo 50% masculino e 50% feminino.

A seguir, utilizando as tabelas de frequência de uso e de consumo de água dos equipamentos hidrossanitários padrão, calculou-se o consumo diário de referência. Em seguida, fez-se o cálculo do consumo com os equipamentos econômicos. Através da comparação entre os resultados, obteve-se o percentual de economia de água atingido no projeto, e o respectivo valor da bonificação.

3.7 Determinação do Nível de Eficiência Energética

Após o cálculo de todos os valores necessários, a Pontuação Total (PT) de cada projeto foi calculada utilizando a Equação Geral do RTQ-C, demonstrada na Figura 21.

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,30 \cdot (EqNumDPI) + 0,40 \cdot \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1$$

Figura 21 - Equação Geral de eficiência energética.
Fonte: INMETRO, 2010a.

Contudo, como os prédios avaliados são ventilados naturalmente, as parcelas referentes ao Equivalente Numérico da Envoltória (EqNumEnv) e ao Equivalente Numérico de Condicionamento de Ar (EqNumCA) têm valor zero. A equação simplificada é apresentada na Figura 22.

$$PT = 0,30 \cdot \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) + 0,30 \cdot (EqNumDPI) + 0,40 \cdot \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) + b_0^1$$

$$PT = 0,70 \cdot \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) + 0,30 \cdot (EqNumDPI) + b_0^1$$

Figura 22 - Simplificação da Equação Geral de eficiência energética.

Com a pontuação total, utilizou-se a Tabela de Classificação Geral do RTQ-C (INMETRO, 2010a) para verificar o Nível de Eficiência Energética dos projetos. A tabela em questão está reproduzida na Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação geral segundo o RTQ-C.

Pontuação Total (PT)	Nível de Eficiência
≥4,5 a 5	A
≥3,5 a <4,5	B
≥2,5 a <3,5	C
≥1,5 a <2,5	D
<1,5	E

Fonte: INMETRO, 2010a.

3.8 Proposição de Medidas de Aprimoramento aos Projetos

A análise dos resultados obtidos em cada etapa do processo de etiquetagem evidenciou os pontos em que o desempenho de cada projeto poderia ser aprimorado, melhorando a pontuação final da avaliação de eficiência energética.

Para a proposição de intervenções de projeto visando o aumento da classificação de eficiência energética dos projetos até o nível máximo, deu-se preferência para as modificações menos intrusivas nos projetos, verificando a pontuação final a cada modificação implementada. Assim, primeiramente foram sugeridas correções para maximizar a pontuação de bonificação merecida em cada projeto. Em segundo lugar, foram feitas modificações no sistema de iluminação, visando elevar a nota do EqNumDPI. Por fim, caso ainda assim o projeto não tenha alcançado a pontuação mínima para receber o nível A, passou-se a analisar as envoltórias das edificações, de forma a propor alterações que recuperem a nota obtida nas simulações de conforto térmico.

3.9. Simulação do Consumo de Eletricidade

Após ter sido realizada a etapa de intervenção nos projetos para que estes alcançassem a ENCE Nível A, procedeu-se a realização de simulações de consumo de energia elétrica, a fim de comparar o desempenho dos dez prédios analisados na hipótese de estes serem condicionados artificialmente.

Para estas simulações, foram consideradas as mesmas agendas de ocupação, iluminação e equipamentos definidas nas simulações de conforto térmico. A população do prédio também se manteve a mesma. Foram realizadas intervenções

apenas nos sistemas necessários para atingir o Nível A de eficiência energética. Por exemplo, se em algum dos projetos foi necessário reduzir a potência de iluminação para que este alcançasse a classificação máxima, esta intervenção foi incluída no modelo, para a avaliação do consumo.

O sistema de ventilação natural de todos os modelos foi alterado. Assim, em vez de utilizar o Airflow Network com esquadrias operáveis durante os horários de funcionamento do prédio, utilizou-se o objeto Infiltration: Design Flow Rate para atribuir duas trocas de ar por hora, através de infiltração, para os ambientes de trabalho.

O sistema de ar condicionado definido para os modelos foi o sistema *Package Transfer Heat Pump* (PTHP), equivalente aos aparelhos convencionais de janela ou do tipo *split*. O coeficiente de performance (COP) dos aparelhos é o mesmo definido pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem para que os condicionadores de ar deste tipo atinjam o Nível A, ou seja, 3,22 W/W. O dimensionamento da carga térmica de cada ambiente e da capacidade do aparelho para atender a demanda de cada sala foi realizado automaticamente pelo programa de simulação. O termostato para acionamento do sistema de condicionamento do ar foi configurado em 21°C para aquecimento e 25,5°C para resfriamento, conforme a NBR 16401/2008 (INMETRO, 2008).

Com estas simulações, foram obtidos os dados relativos ao consumo anual de energia elétrica dos sistemas de ar condicionado de cada um dos prédios, tanto para resfriamento como para aquecimento. Para que os dados pudessem ser comparados, o valor total do consumo em cada prédio foi dividido pela respectiva área condicionada, gerando um índice de consumo (em kWh/m²) que possibilita a comparação entre os projetos estudados.

4. Resultados e Discussões

Nesta seção, serão demonstrados os resultados obtidos em cada uma das análises realizadas para cada projeto estudado. Para facilitar a compreensão do trabalho, os resultados serão demonstrados na mesma ordem do capítulo anterior: caracterização das licitações e projetos, verificação dos pré-requisitos gerais, simulação computacional para determinação do EqNumV, cálculo do EqNumDPI pelo método prescritivo, cálculo da pontuação de bonificação alcançada e, finalmente, o nível de eficiência energética de cada edifício.

4.1 Caracterização dos Dados da Pesquisa

Após os procedimentos descritos para aquisição dos dados para a pesquisa, foram obtidos 144 editais de licitação. Destes, apenas 44 possuíam os projetos completos dentre os anexos dos editais e correspondiam a obras com mais de quinhentos metros quadrados. A Figura 23 mostra a distribuição dos editais adquiridos por IFES licitante. Primeiramente, são mostrados os dados da totalidade de editais adquiridos; o segundo gráfico refere-se apenas aos editais com os anexos necessários para a avaliação de eficiência energética.

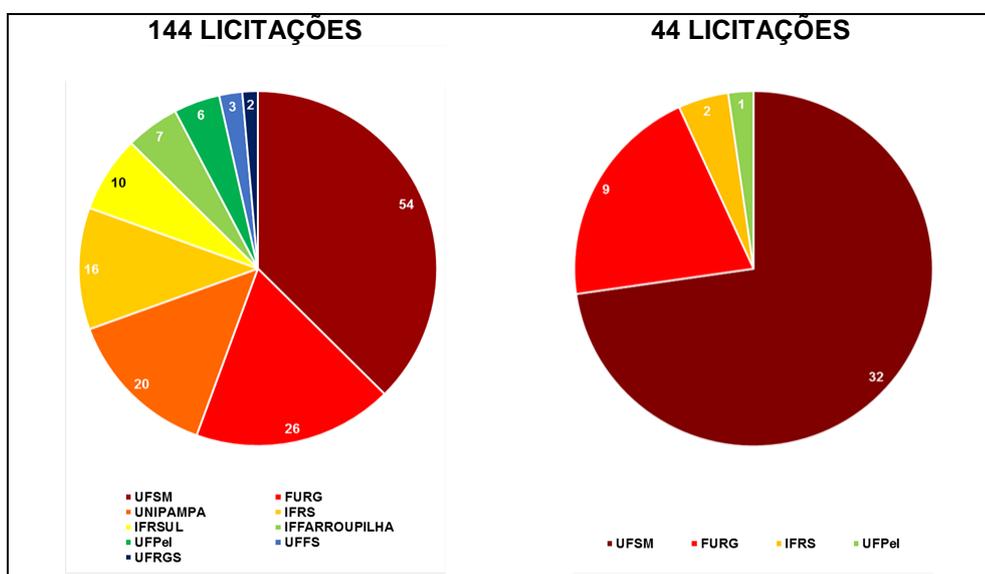


Figura 23 – Quantidade de licitações por IFES.

No primeiro gráfico, percebe-se a existência de 9 IFES no total, sendo que 5 destas Instituições são responsáveis por 87,5% das licitações realizadas no período analisado por este trabalho. Contudo, ao considerar-se apenas as licitações com os projetos em anexo, o número de IFES licitantes cai para apenas quatro, com a clara dominância de uma única Instituição.

A seguir, procedeu-se uma classificação geral quanto às características gerais das edificações: tipo de uso predominante, área construída, número de pavimentos e valor do metro quadrado construído.

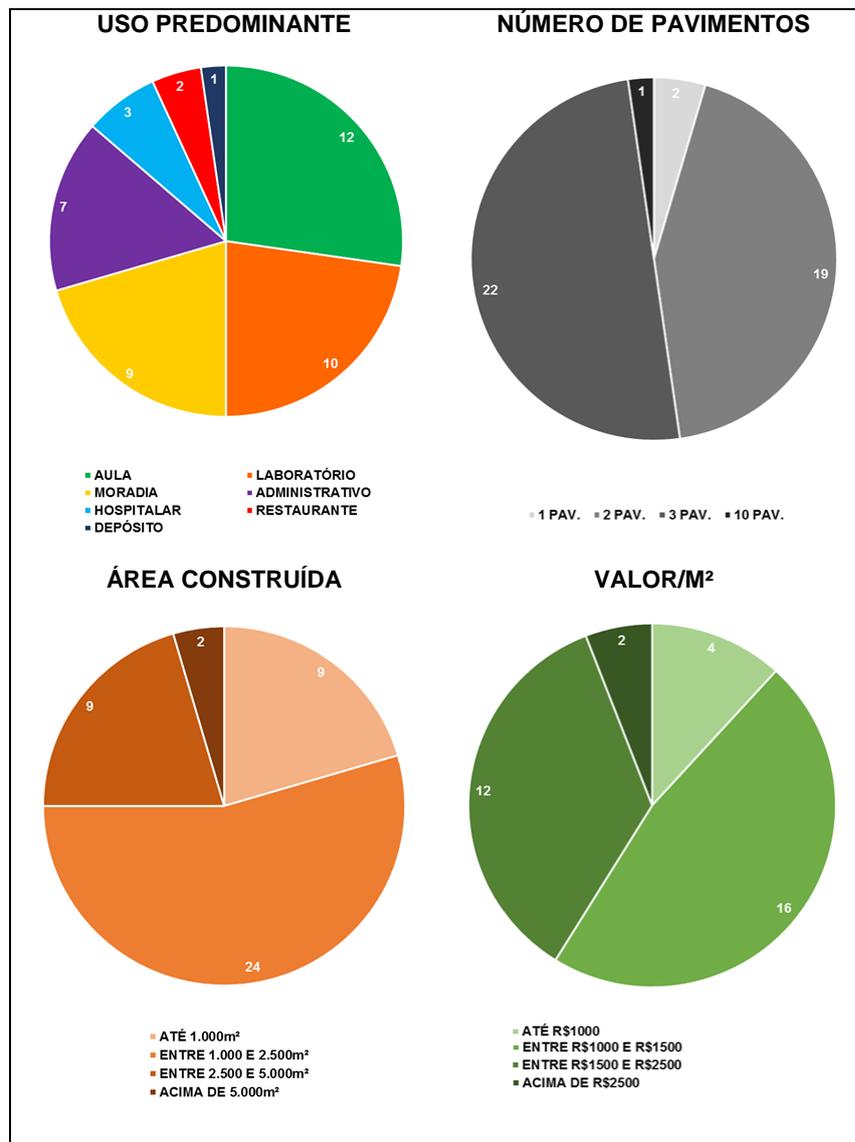


Figura 24 - Dados quantitativos das características dos projetos.

Nesta análise, detectou-se que os programas mais frequentes dentre as licitações foram os prédios de salas de aula (12 exemplares), seguidos dos prédios de laboratórios (com 10 ocorrências). Há também uma clara predominância de

edifícios entre dois e três pavimentos. Quanto à área construída, são mais comuns os prédios com área entre 1.000m² e 2.500m², havendo apenas dois exemplares com área acima de 5.000m². Os valores do metro quadrado construído mais comumente encontrados ficam entre R\$ 1.000 e R\$ 2.500.

Partindo destas análises iniciais, selecionou-se os prédios de salas de aula localizados na Zona Bioclimática 2, para o prosseguimento da avaliação de eficiência energética, resultando num total de dez projetos, os quais terão suas características detalhadas nas próximas seções.

4.1.1 Características das Licitações

A Tabela 11 apresenta as características dos 10 processos licitatórios considerados neste trabalho. O campo “ID” no início da tabela será comum a todos os conjuntos de dados apresentados, e é o identificador individual de cada uma das licitações. São apresentadas as IFES responsáveis pelos editais, a modalidade, número e ano da licitação, o valor do orçamento e o tipo de obra: construção (quando se trata de um edifício isolado, ainda não iniciado) ou remanescente (a continuação de uma obra já iniciada anteriormente, porém não concluída). No campo “Modalidade”, as siglas representam as diferentes modalidades previstas para a execução de obras, nas leis de licitações: Concorrência (CP) e Regime Diferenciado de Contratações (RDC).

Tabela 11 – Dados dos processos de licitação

ID	UASG	SIGLA	MODALIDADE	NUM.	ANO	VALOR (R\$)	TIPO
1	158263	IFRS	CP	11	2014	R\$ 1.880.129,70	REMANESCENTE
2	154042	FURG	CP	02	2016	R\$ 2.532.182,79	CONSTRUÇÃO
3	154047	UFPeI	RDC	02	2014	R\$ 2.689.901,27	CONSTRUÇÃO
4	153164	UFSM	CP	12	2015	R\$ 3.888.902,08	CONSTRUÇÃO
5	153164	UFSM	CP	19	2014	R\$ 2.855.512,99	CONSTRUÇÃO
6	153164	UFSM	CP	22	2014	R\$ 1.841.727,26	REMANESCENTE
7	153164	UFSM	CP	20	2014	R\$ 1.959.550,13	CONSTRUÇÃO
8	153164	UFSM	CP	21	2014	R\$ 7.084.279,54	CONSTRUÇÃO
9	153164	UFSM	CP	23	2014	R\$ 1.105.070,25	REMANESCENTE
10	153164	UFSM	CP	04	2015	R\$ 2.800.832,62	REMANESCENTE

Fonte: adaptado de Comprasnet (2017).

A primeira característica notável é que uma única IFES foi responsável por 7 dos 10 projetos analisados nesta pesquisa. Cada um dos demais projetos restantes foi licitado por uma IFES diferente; assim, quatro diferentes IFES estão representadas no trabalho.

Em relação aos tipos de licitação, apenas uma delas foi realizada pelo Regime de Contratações Diferenciadas, provavelmente por se tratar de uma obra que utiliza uma tecnologia construtiva diferenciada, conforme será demonstrado em uma seção posterior. Todas as outras obras foram licitadas sob o regime de Concorrência Pública. Sete das licitações foram realizadas em 2014; duas ocorreram em 2015 e apenas uma das obras estudadas neste trabalho foi licitada em 2016.

Quanto aos valores das obras, apenas uma delas foi licitada por um valor acima dos cinco milhões. As outras dividem-se quase igualmente em valores abaixo de dois milhões (quatro licitações) e entre dois e cinco milhões (cinco licitações).

Finalmente, quanto ao tipo de obra licitada, quatro das licitações são remanescentes de obras. Este fato pode ter alguma influência no resultado final da etiquetagem, pois é provável que os projetos destes prédios tenham sido elaborados anteriormente à publicação da IN 02/2014 e, portanto, sem ter a meta de atingir o nível máximo de eficiência energética.

4.1.2 Características das Edificações

Neste subcapítulo, serão apresentadas e analisadas as características das edificações, divididas em dois grupos. No primeiro, tem-se as características gerais de cada projeto, as quais referem-se ao valor do metro quadrado construído e às áreas úteis de cada tipo de uso presente no prédio: salas de aula, áreas de permanência temporária (circulações, depósitos, sanitários), outros tipos de uso (administrativo, laboratórios, salas de professores, auditórios, copas) e áreas cobertas abertas.

O segundo grupo de características diz respeito aos aspectos construtivos da envoltória do prédio, ou seja, as camadas, materiais, dimensões, transmitância térmica e absorvância das paredes e coberturas definidas nos projetos.

Primeiramente, serão apresentados *croquis* de cada edifício modelado no OpenStudio, acompanhados dos dados referentes às áreas, características das paredes e das coberturas, e plantas esquemáticas. Essas informações constarão da Figura 25 à Figura 34.

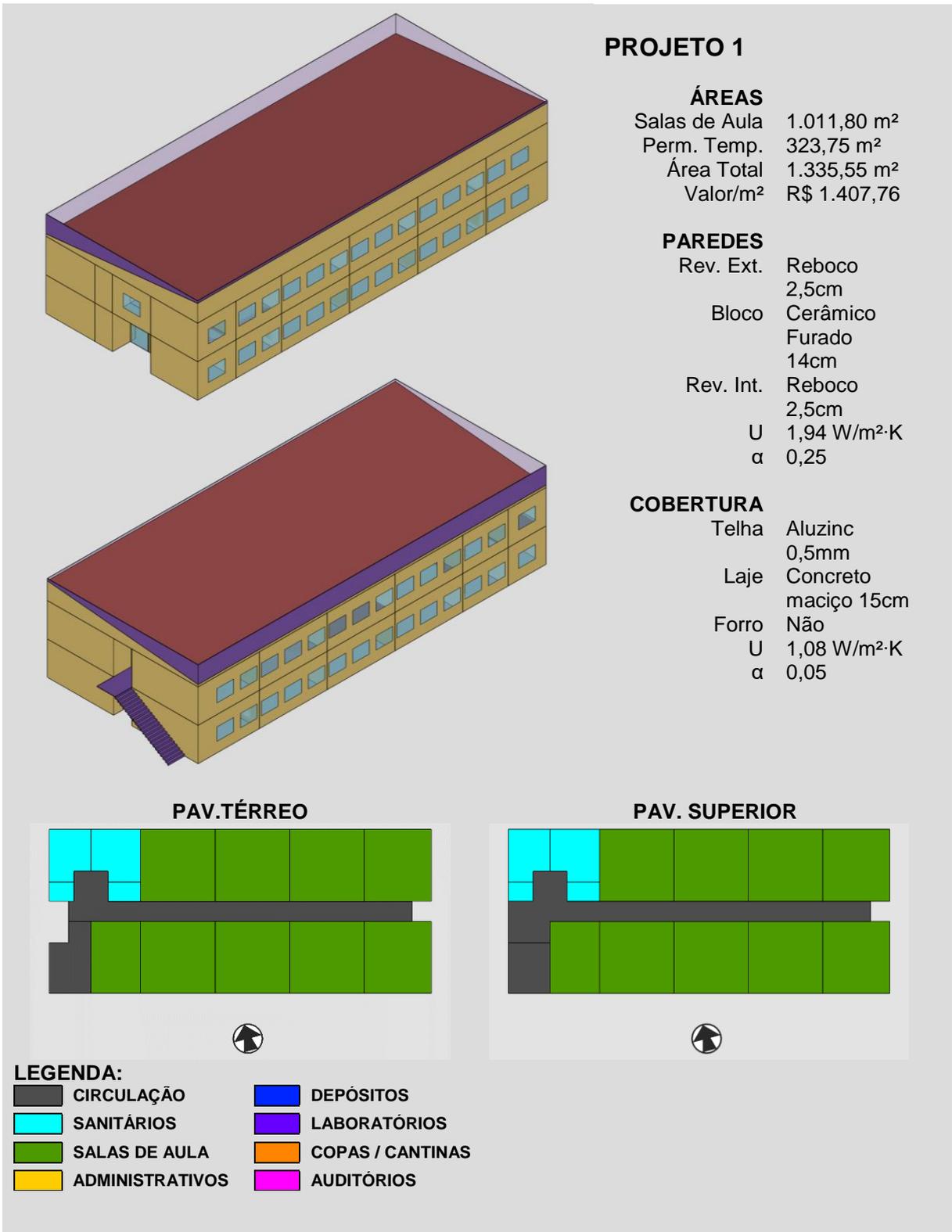


Figura 25 - Dados do Projeto 1.

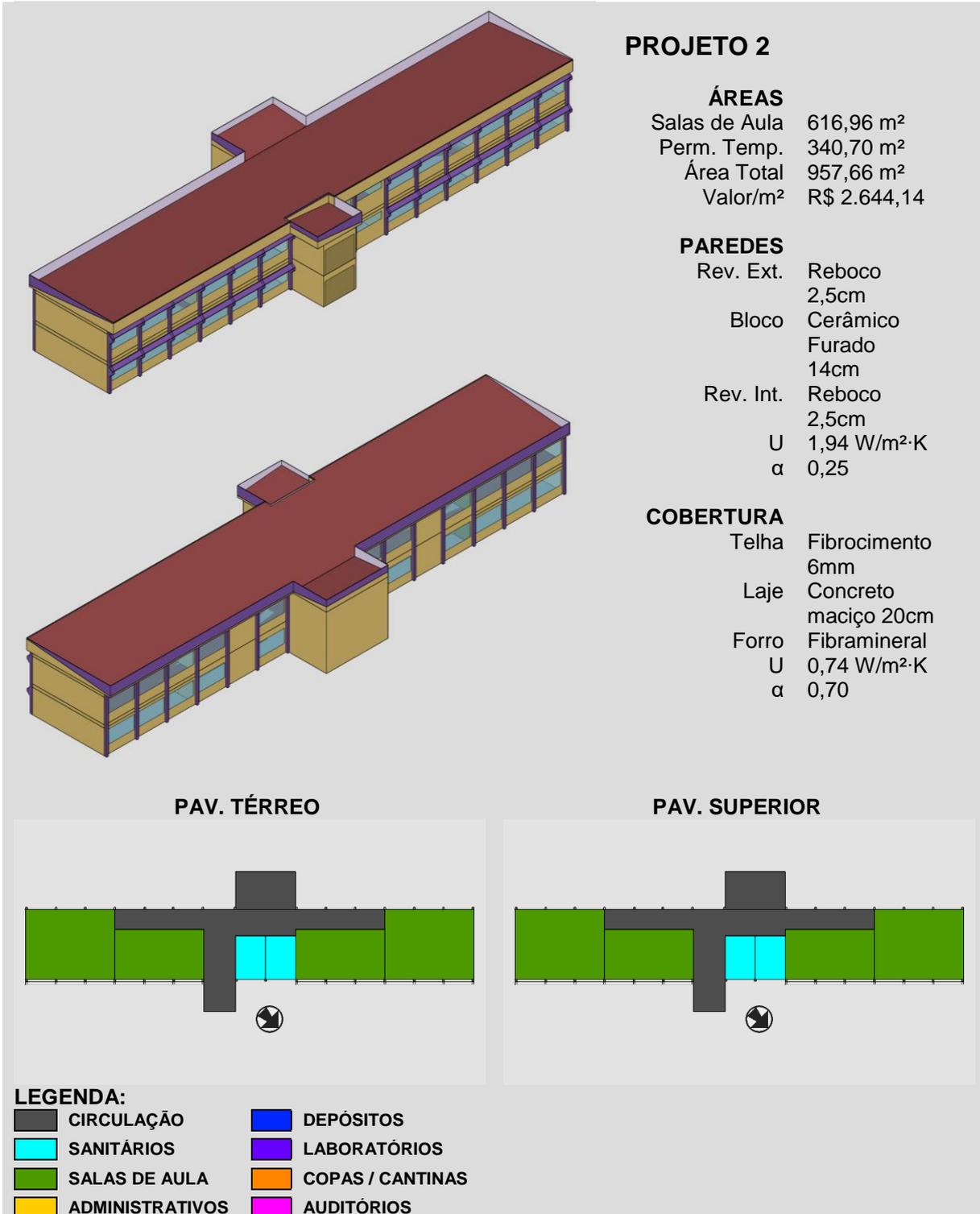


Figura 26 - Dados do Projeto 2.

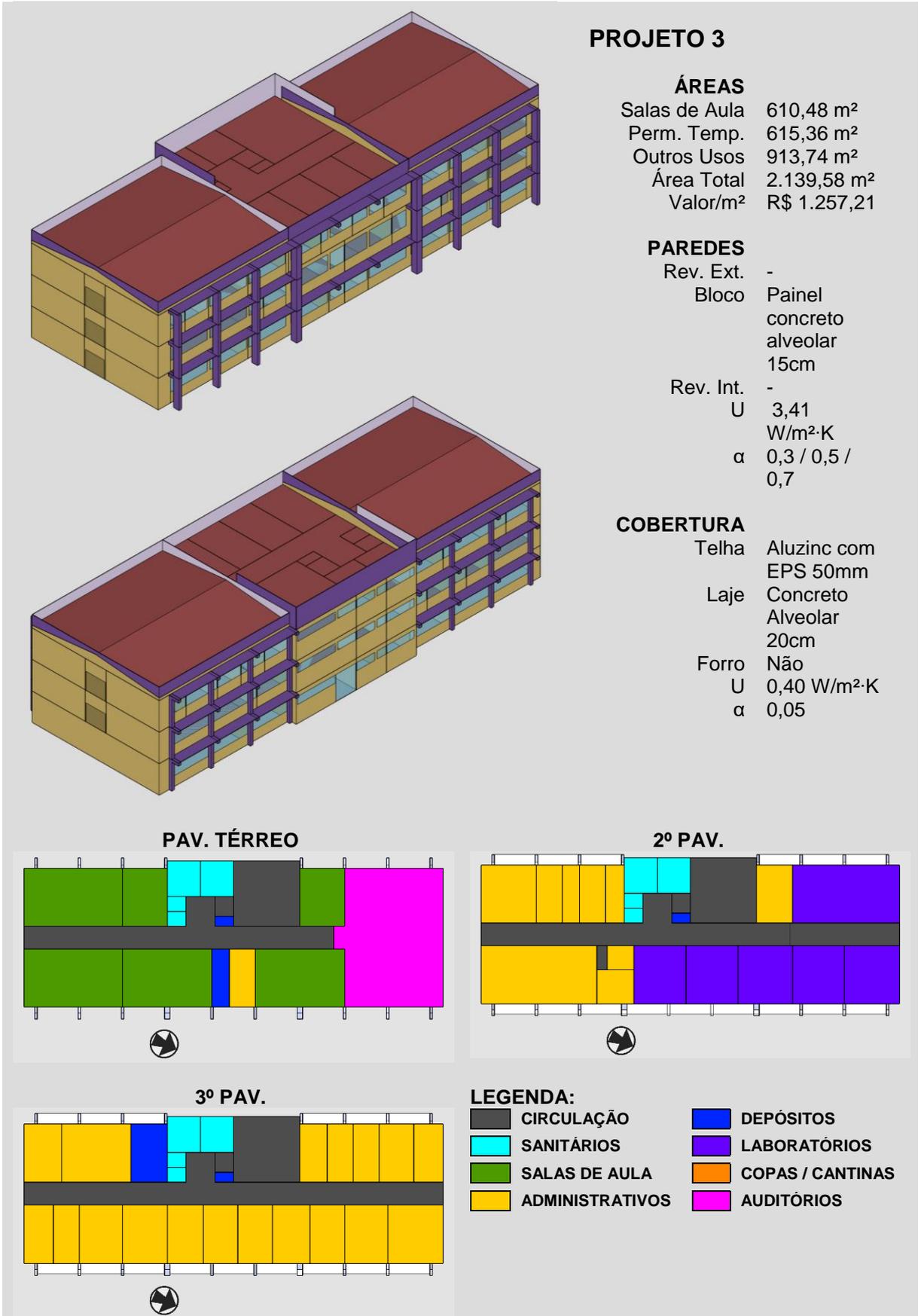


Figura 27 - Dados do Projeto 3.

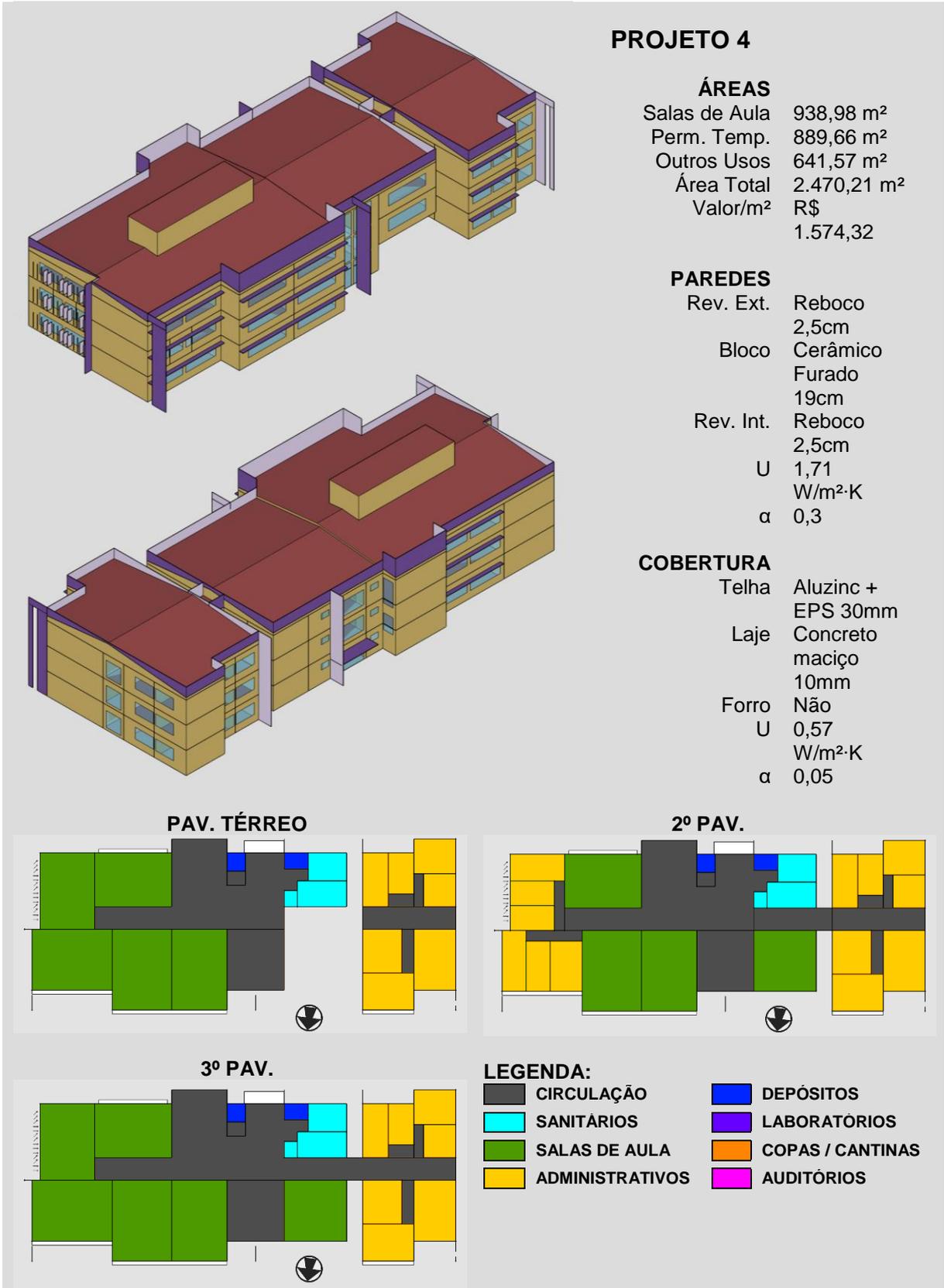


Figura 28 - Dados do Projeto 4.

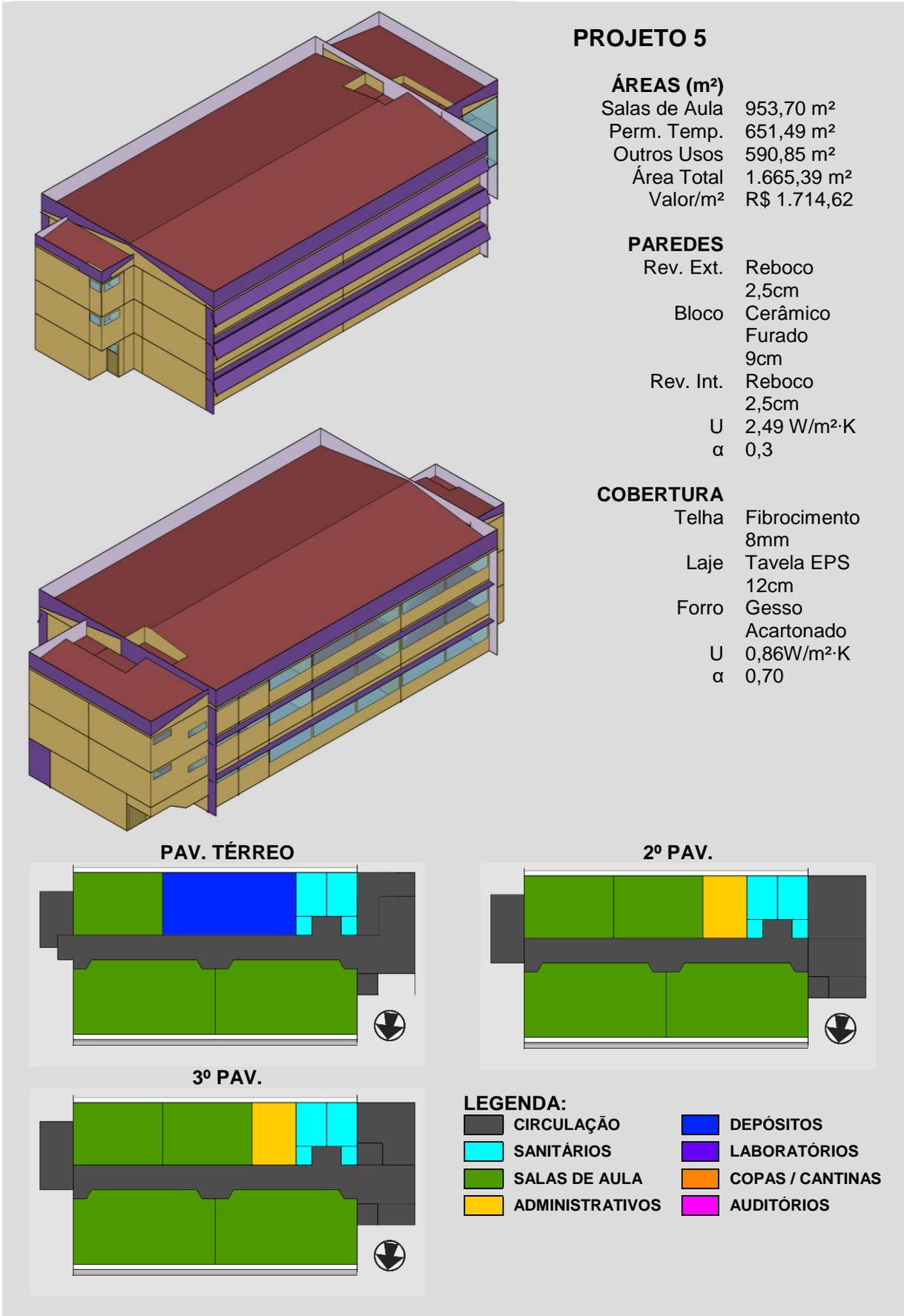


Figura 29 - Dados do Projeto 5.

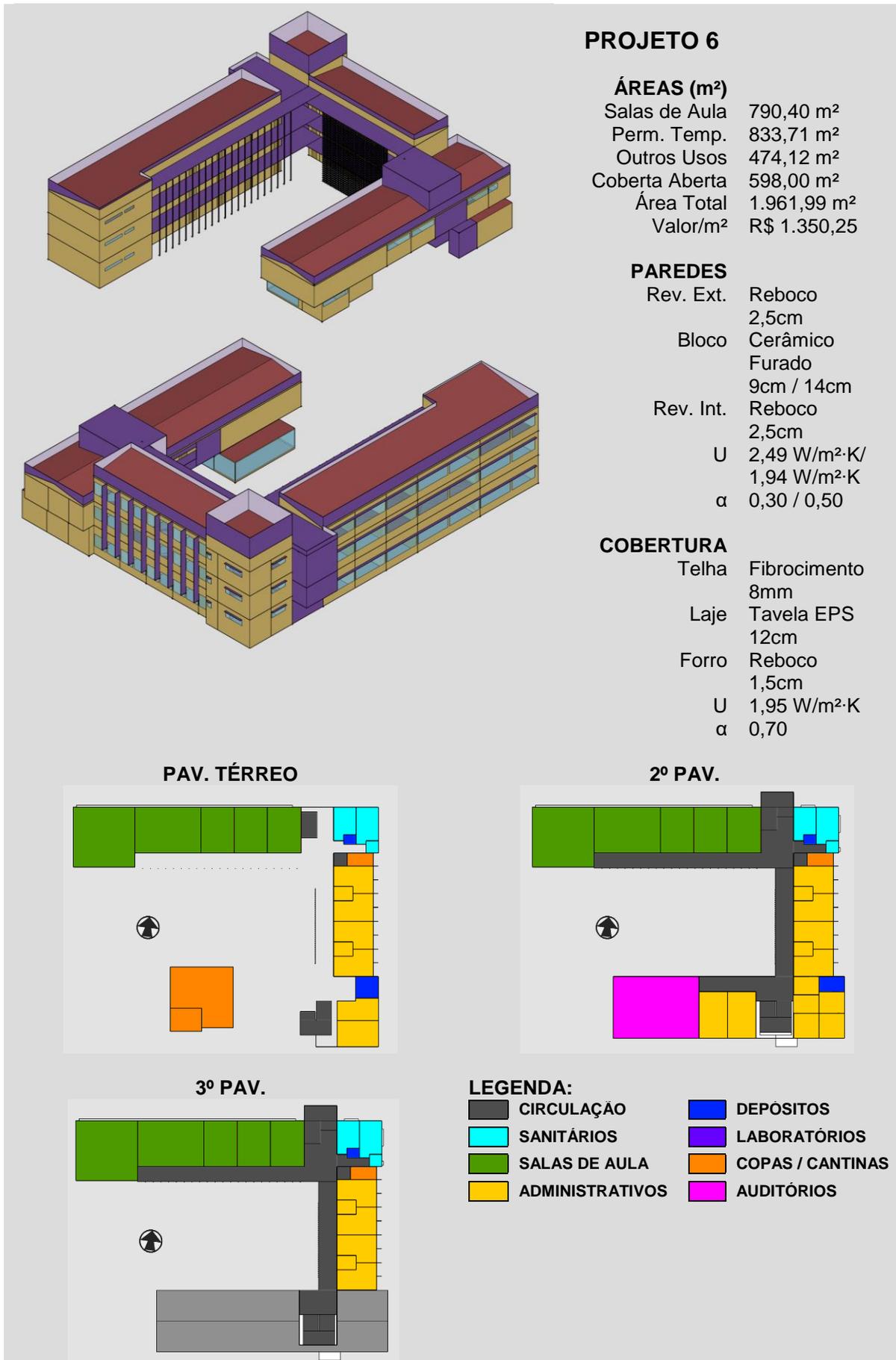


Figura 30 - Dados do Projeto 6.

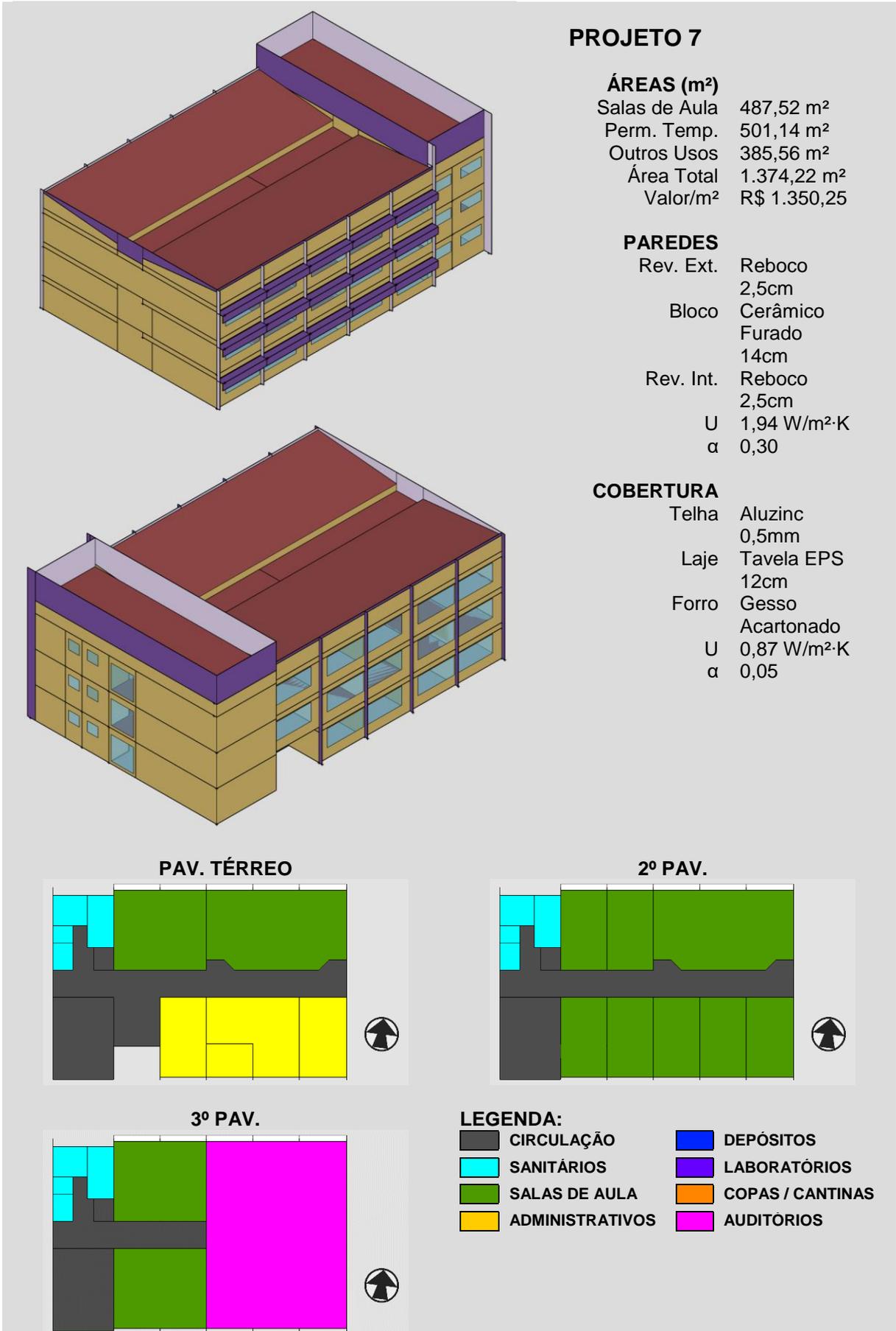


Figura 31 - Dados do Projeto 7.

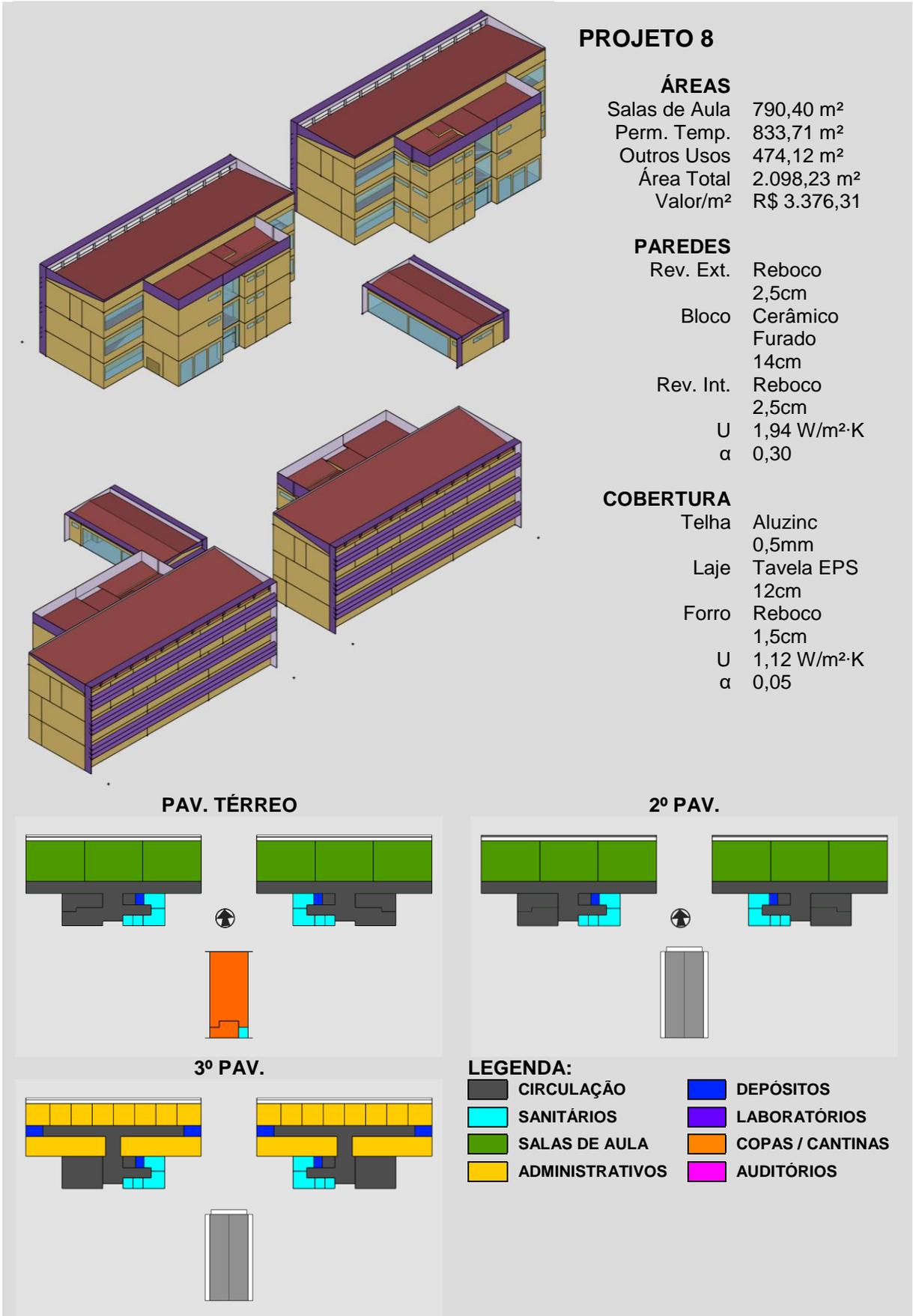


Figura 32 - Dados do Projeto 8.

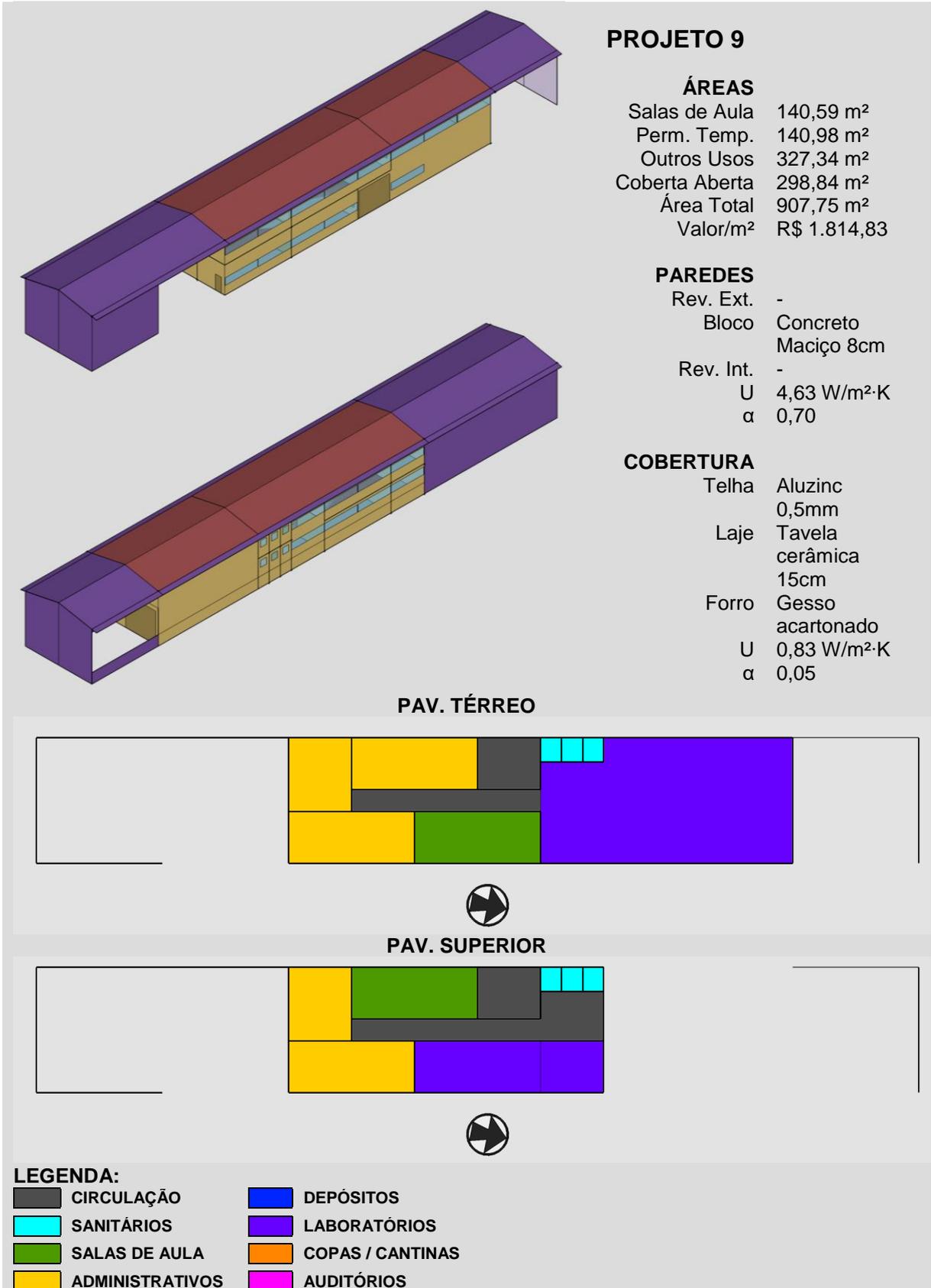


Figura 33 - Dados do Projeto 9.

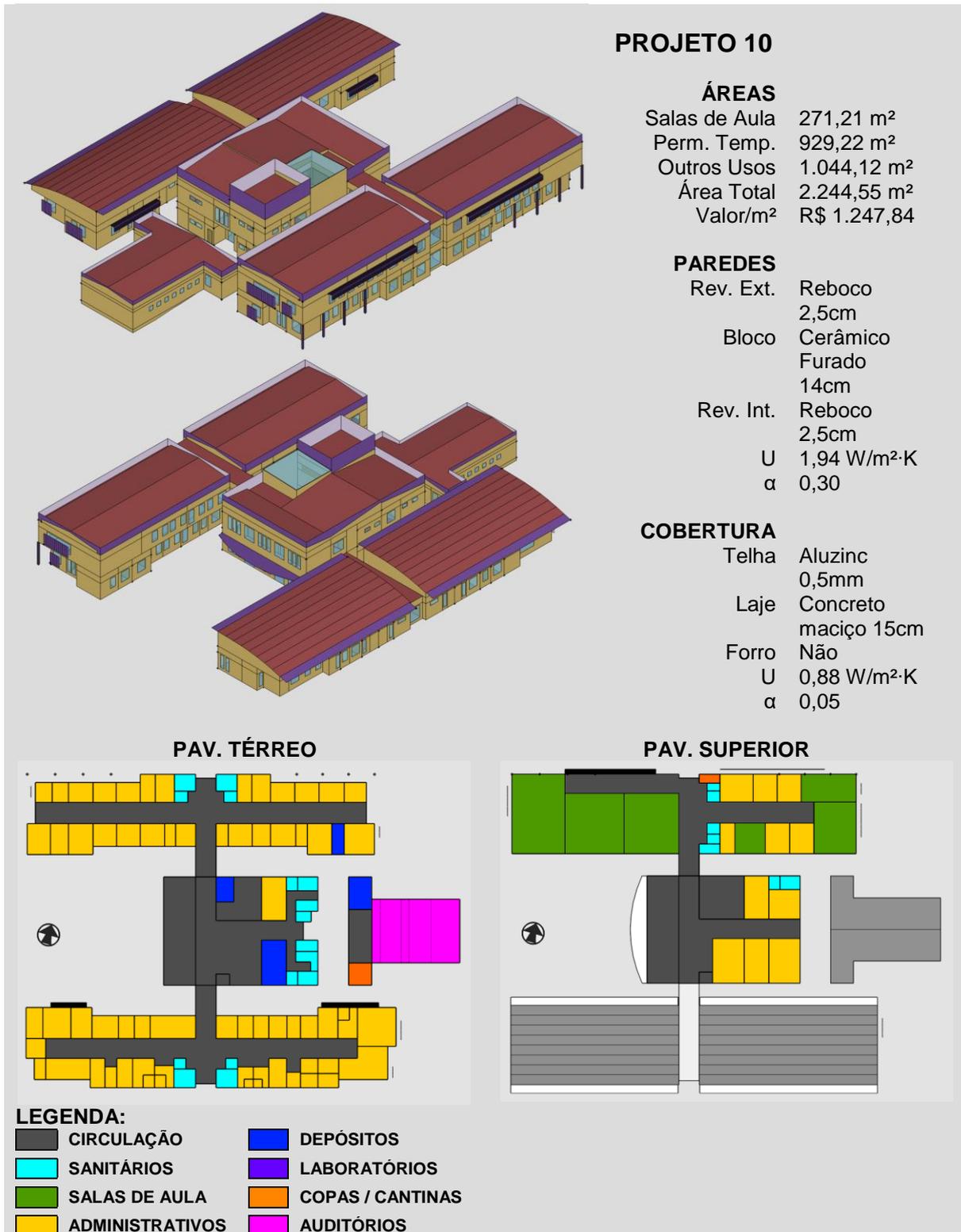


Figura 34 - Dados do Projeto 10.

Após a apresentação das características de cada projeto, será feita uma breve análise dos dados apresentados. A Tabela 12 resume os dados relativos à distribuição de áreas dos diferentes usos, bem como o valor do metro quadrado construído.

Tabela 12 – Características dos projetos

ID	Nº DE PAV.	ÁREAS (m ²)					VALOR/M ² (R\$)
		SALAS DE AULA	OUTROS USOS	PERM. TEMPORÁRIA	COBERTA ABERTA	TOTAL	
1	2	1.011,80	0,00	323,75	0	1.335,55	1.407,76
2	2	616,96	0,00	340,70	0	957,66	2.644,14
3	3	610,48	913,74	615,36	0	2.139,58	1.257,21
4	3	938,98	641,57	889,66	0	2.470,21	1.574,32
5	3	953,70	60,20	651,49	0	1.665,39	1.714,62
6	3	668,22	590,85	104,92	598,00	1.961,99	1.350,25
7	3	487,52	501,14	385,56	0	1.374,22	1.425,94
8	3	790,40	474,12	833,71	0	2.098,23	3.376,31
9	2	140,59	327,34	140,98	298,84	907,75	1.814,83
10	2	271,21	1.044,12	929,22	0	2.244,55	1.247,84

A maioria dos projetos selecionados para o estudo possuem, além das salas de aula, outros tipos de usos integrando o programa de necessidades. Dentre os principais, destacam-se as salas de professores e ambientes administrativos em geral (secretarias, almoxarifados, salas de reuniões). Também estão presentes diferentes tipos de laboratórios de ensino, destacando-se os laboratórios de informática. Por fim, três dos projetos possuem auditórios.

É importante discriminar os diferentes tipos de ambientes presentes em um edifício, pois cada um deles tem características físicas (área construída, acabamentos), cargas térmicas (iluminação, equipamentos, usuários) e agendas de utilização diferenciadas. Todos esses fatores são determinantes na avaliação da eficiência energética do espaço e, por consequência, na avaliação final da edificação.

Outro aspecto que merece destaque é a presença de áreas cobertas abertas, o que ocorre apenas em dois dos casos analisados. Essas áreas, pela definição do RTQ-C, não configuram um ambiente; portanto, são desconsideradas na simulação computacional do conforto térmico. Contudo, a potência de iluminação destes espaços deve ser incluída na avaliação do sistema de iluminação.

Por fim, a proporção entre os diversos tipos de ambientes é outro aspecto que tem influência no resultado final da simulação, tendo em vista que os ambientes de permanência temporária (como circulações, depósitos, sanitários) recebem automaticamente a melhor avaliação. A Figura 35 ilustra esta relação nos dez projetos integrantes deste estudo.

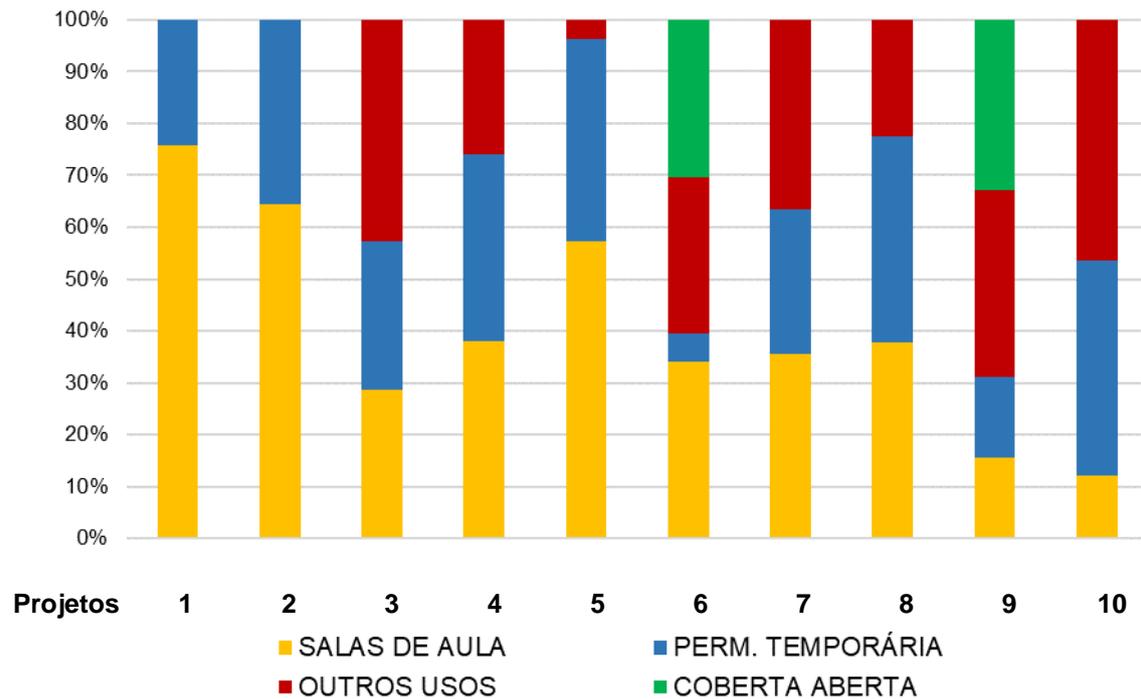


Figura 35 - Proporção dos diferentes usos nos projetos analisados.

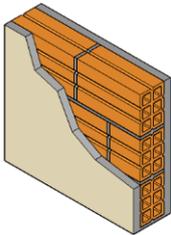
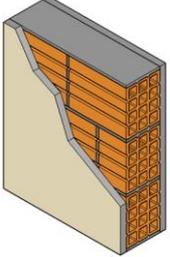
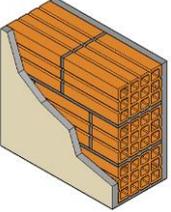
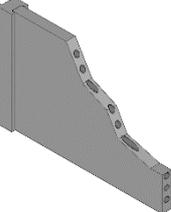
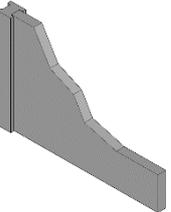
Os projetos 1 e 2 possuem apenas salas de aula e ambientes de permanência temporária. Na maioria dos projetos, a área dos ambientes de permanência temporária fica entre 25 e 35% da área total da edificação. As exceções são o Projeto 6 (no qual o partido arquitetônico com corredores abertos reduziu significativamente as circulações fechadas); o Projeto 9 (cuja solução compacta, com salas grandes, diminuiu a necessidade de corredores, além de contar com sanitários menores que os dos outros projetos) e o Projeto 10 (cuja organização espacial em três blocos demandou circulações maiores, além de um número maior de banheiros distribuídos em cada bloco).

Os dois projetos que contam com áreas cobertas abertas fazem diferentes usos deste recurso. No Projeto 6, conforme comentado anteriormente, as áreas abertas servem como circulação, interligando o bloco das salas de aula com os blocos administrativos e do auditório. No Projeto 9, a área aberta abriga um depósito e uma sala de ensaios técnicos.

A seguir, serão apresentados os dados construtivos das edificações que se relacionam diretamente com as variáveis necessárias ao método de verificação do nível de eficiência energética do RTQ-C. A

Tabela 13 apresenta as características das paredes dos projetos: o material e espessura de cada uma das camadas que compõem o sistema de vedação, e também as características térmicas.

Tabela 13 – Características das paredes dos projetos.

PAREDE					
	PAREDE 1	PAREDE 2	PAREDE 3	PAREDE 4	PAREDE 5
REV. EXTERNO	Reboco 2,5cm	Reboco 2,5cm	Reboco 2,5cm	Reboco 2,5cm	-
TIPO DE BLOCO	Cerâmico furado (9cm)	Cerâmico furado (14cm)	Cerâmico furado (19cm)	Concreto alveolar (9cm)	Concreto maciço (8cm)
REV. INTERNO	Reboco 2,5cm	Reboco 2,5cm	Reboco 2,5cm	Reboco 2,5cm	-
ESP. FINAL (cm)	15	20	25	15	8
U (W/m²K)	2,49	1,94	1,71	3,41	4,63
CT (W/K)	168,88	192,60	191,16	217,63	184,00
ATRASO TÉRMICO (h)	3,59	4,63	5,04	3,77	2,11
PROJETOS / α	Projeto 5 ($\alpha=0,3$) Projeto 6 ($\alpha=0,3/0,5$)	Projeto 1 ($\alpha=0,3$) Projeto 2 ($\alpha=0,2$) Projeto 6 ($\alpha=0,3$) Projeto 7 ($\alpha=0,3$) Projeto 8 ($\alpha=0,3$) Projeto 10 ($\alpha=0,3/0,5$)	Projeto 4	Projeto 3 ($\alpha=0,3/0,5/0,7$)	Projeto 9 ($\alpha=0,7$)

Em relação à composição das paredes, verifica-se que o sistema tradicional de construção, composto de paredes de tijolos cerâmicos rebocados em ambas as faces, é o mais frequente nos projetos analisados. Apenas dois deles apresentam sistemas construtivos pré-moldados utilizando placas de concreto, ambos sem revestimento interno ou externo.

Também se percebe que o pré-requisito da transmitância térmica das paredes ($1,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) para que um prédio possa receber o nível A na ZB2 não é atendido em nenhum dos projetos. O sistema com menor valor de transmitância, encontrado no

Projeto 4 (parede com bloco cerâmico furado, rebocado dos dois lados, com espessura final de 25cm) tem uma transmitância térmica de 1,71 W/m²-K.

Quanto à absorvância das paredes, vários projetos não especificam a cor das paredes externas nas pranchas do projeto arquitetônico ou nos memoriais, deixando essa definição a cargo da fiscalização da obra, durante sua execução.

Em seguida, serão apresentados os dados referentes às coberturas dos projetos. A Tabela 14 informa, primeiramente, os materiais e espessuras dos materiais que compõem as diferentes camadas das coberturas: as telhas, o tipo de laje existente, e, quando presente, o tipo de forro empregado. Em seguida, são apresentadas as características térmicas dos diferentes sistemas de cobertura.

Tabela 14 – Características das coberturas dos projetos.

ID	COMPONENTES DA COBERTURA			U (W/m ² K)	CT (W/K)	ATRASO TÉRMICO (h)	α
	TELHA	LAJE	FORRO				
1	Aluzinc 0,5mm natural	Concreto 15cm	-	1,08	384,74	10,87	0,05
2	Fibrocimento 6mm	Concreto 20cm	Fibramineral	0,74	470,04	15,04	0,7
3	Aluzinc + EPS 50mm	Alveolar 20cm	-	0,40	208,76	14,36	0,05
4	Aluzinc + EPS 30mm	Concreto 10cm	-	0,57	271,85	13,43	0,05
5	Fibrocimento 8mm	Tabela EPS 12cm	Gesso Acartonado	0,96	141,67	6,84	0,7
6	Fibrocimento 8mm	Tabela EPS 12cm	-	1,23	171,85	6,46	0,7
7	Aluzinc 0,5mm natural	Tabela EPS 12cm	Gesso Acartonado	0,88	130,99	8,29	0,05
8	Aluzinc 0,5mm natural	Tabela EPS 12cm	-	1,12	122,17	7,16	0,05
9	Aluzinc 0,5mm natural	Tabela Cerâmica 15cm	Gesso Acartonado	0,77	197,73	9,57	0,05
10	Aluzinc 0,5mm natural	Tabela EPS 12cm	Gesso Acartonado	0,88	130,99	8,29	0,05

As combinações dos três tipos de telhas, cinco tipos de lajes e dois tipos de forros (além da ausência de forro) geraram nove sistemas de coberturas diferentes. Apenas os projetos 7 e 10 apresentam as mesmas combinações.

Apenas dois projetos utilizam coberturas com isolamento térmico de EPS embutido nas telhas. Nestes mesmos projetos, contudo, não foi utilizado nenhum tipo de forro.

Em relação aos pré-requisitos específicos para as coberturas, sete projetos conseguiram manter a transmitância térmica abaixo do valor limite de 1,00 W/m²-K determinado no RTQ-C (INMETRO, 2010a). As coberturas sem isolamento e sem

utilização de forro (o que acaba eliminando a presença de uma camada de ar, importante para o isolamento da cobertura) foram as que apresentaram piores resultados nesse critério.

Quanto ao pré-requisito da absorvância da cobertura (cujo limite imposto pelo RTQ-C é de 0,50), as coberturas de fibrocimento foram reprovadas, por não terem nenhum tipo de pintura especificada para clarear as telhas.

4.2 Resultados da Verificação dos Pré-Requisitos Gerais

Como nenhuma das edificações estudadas especificava a utilização de água quente, o pré-requisito geral relativo aos equipamentos de aquecimento de água foi considerado atendido em todos os projetos.

Através da análise dos projetos elétricos de cada licitação, verificou-se que todos os prédios possuem os circuitos elétricos devidamente separados por uso final, exceto pelo Projeto 3, o qual não incluía as plantas do projeto elétrico entre seus anexos. Assim, com exceção deste último, todos os outros projetos estão aptos a receber o Nível A de eficiência, caso satisfaçam os outros critérios do regulamento.

O Projeto 3, em virtude da ausência do projeto elétrico, não poderia sequer ser avaliado para a obtenção da Etiqueta Total de Projeto. Contudo, optou-se por realizar a avaliação do EqNumV para este edifício, por tratar-se de um prédio construído com uma tecnologia não convencional dentre os projetos analisados.

4.3 Resultados da Verificação do EqNumV

Os resultados das simulações de cada um dos projetos serão apresentados em forma de diagramas esquemáticos das zonas térmicas de cada projeto, com cores para representar o nível de eficiência alcançado em cada uma delas. Também será possível identificar, através das cores, os elementos de sombreamento e as áreas de permanência temporária em cada pavimento.

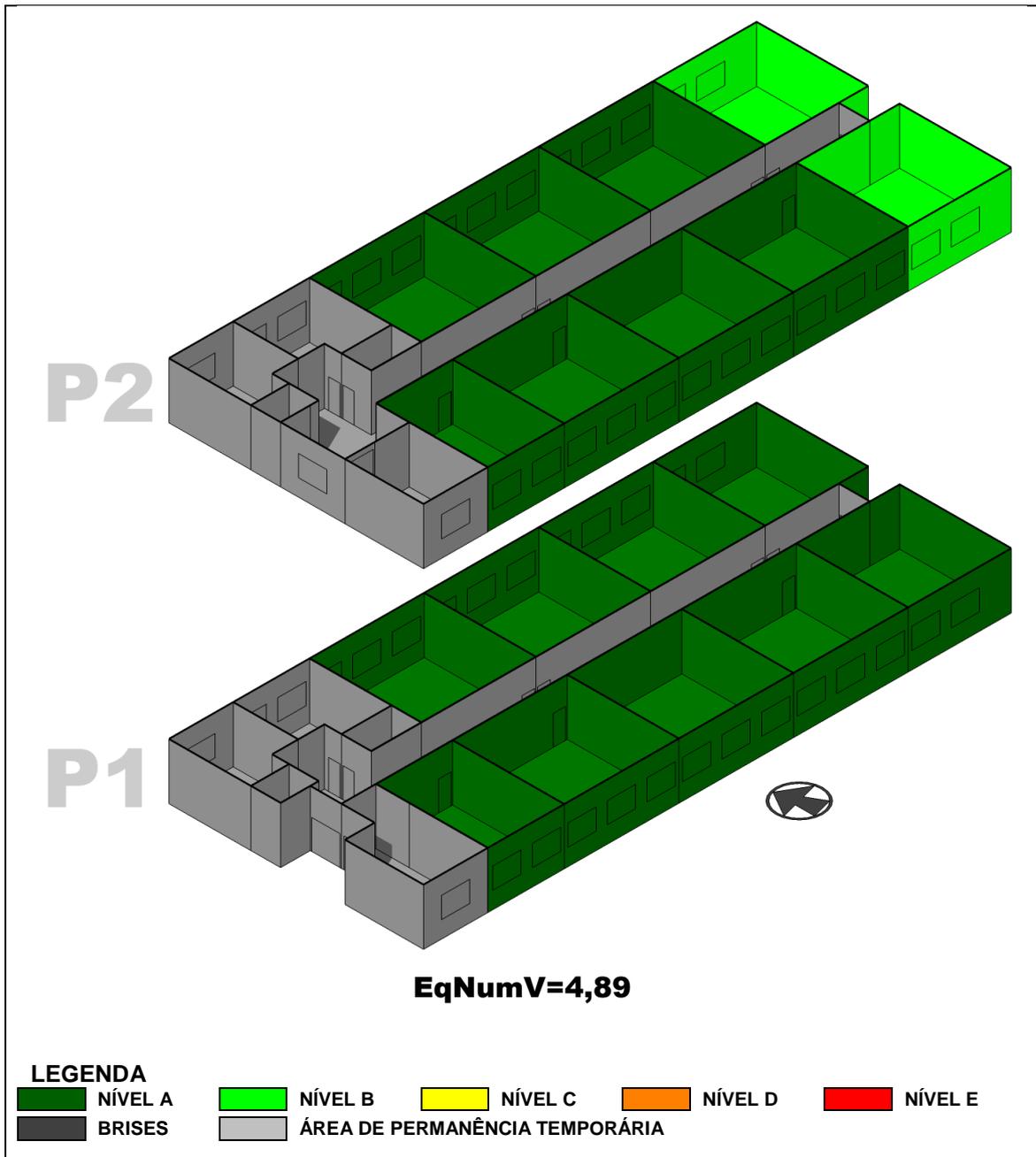


Figura 36 - Resultados das simulações do Projeto 1.

No Projeto 1, quase todas as salas alcançaram o POC mínimo para a obtenção do nível A de eficiência energética. A exceção ficou por conta das duas salas no extremo leste do prédio, no segundo pavimento, as quais são as salas com maior área de envoltória em contato com o ar externo. Ainda assim, ambas as salas atingiram um POC superior a 79%.

Identificou-se, nesta simulação, uma tendência que se repetiu em todas as edificações avaliadas. O nível de conforto nas salas do pavimento térreo é perceptivelmente maior que o das salas nos pavimentos imediatamente abaixo da cobertura. Nesse caso específico, as salas do térreo apresentam POC médio de

90,96%, enquanto no pavimento superior esta média chega a 81,84%. É possível que o aumento da área exposta, por conta da cobertura, propicie maiores trocas térmicas entre o exterior e os ambientes, ocasionando assim maiores índices de desconforto tanto por calor, quanto por frio. O contato com o solo também é um possível fator que contribui para minimizar as trocas térmicas, uma vez que esse constitui uma massa térmica de temperatura mais constante que a temperatura do ar externo.

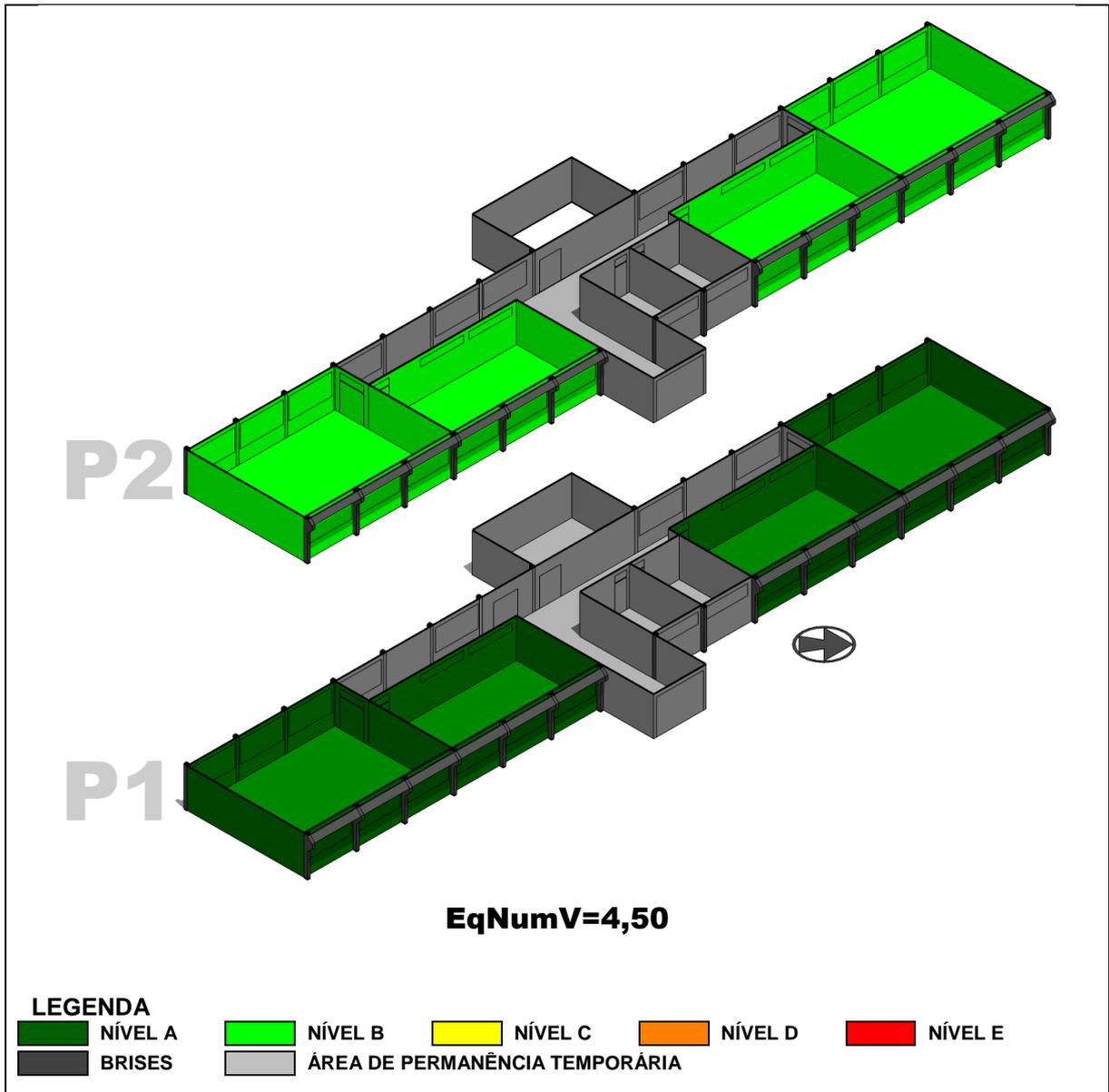


Figura 37 - Resultados das simulações do Projeto 2.

No Projeto 2, os resultados foram semelhantes à simulação anterior. Ambos os projetos têm paredes externas com as mesmas características construtivas e térmicas, contudo a cobertura do segundo projeto proporciona um isolamento um pouco maior ($U=0,74 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, contra $U=1,08 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ do projeto anterior). Ainda assim,

os POC dos compartimentos desse projeto foram consideravelmente menores, com uma média de 81,12% nas salas do térreo, e 75,02% no pavimento superior.

Os percentuais menores de conforto térmico são ocasionados sobretudo por um incremento no percentual de desconforto por calor (16,15% em média, contra um valor de 8,43% no projeto anterior). Tal fato pode ser consequência da orientação solar do edifício, a qual permite que a radiação solar no verão penetre pelas janelas voltadas para sudoeste, nas salas de aula localizadas nas extremidades do prédio.

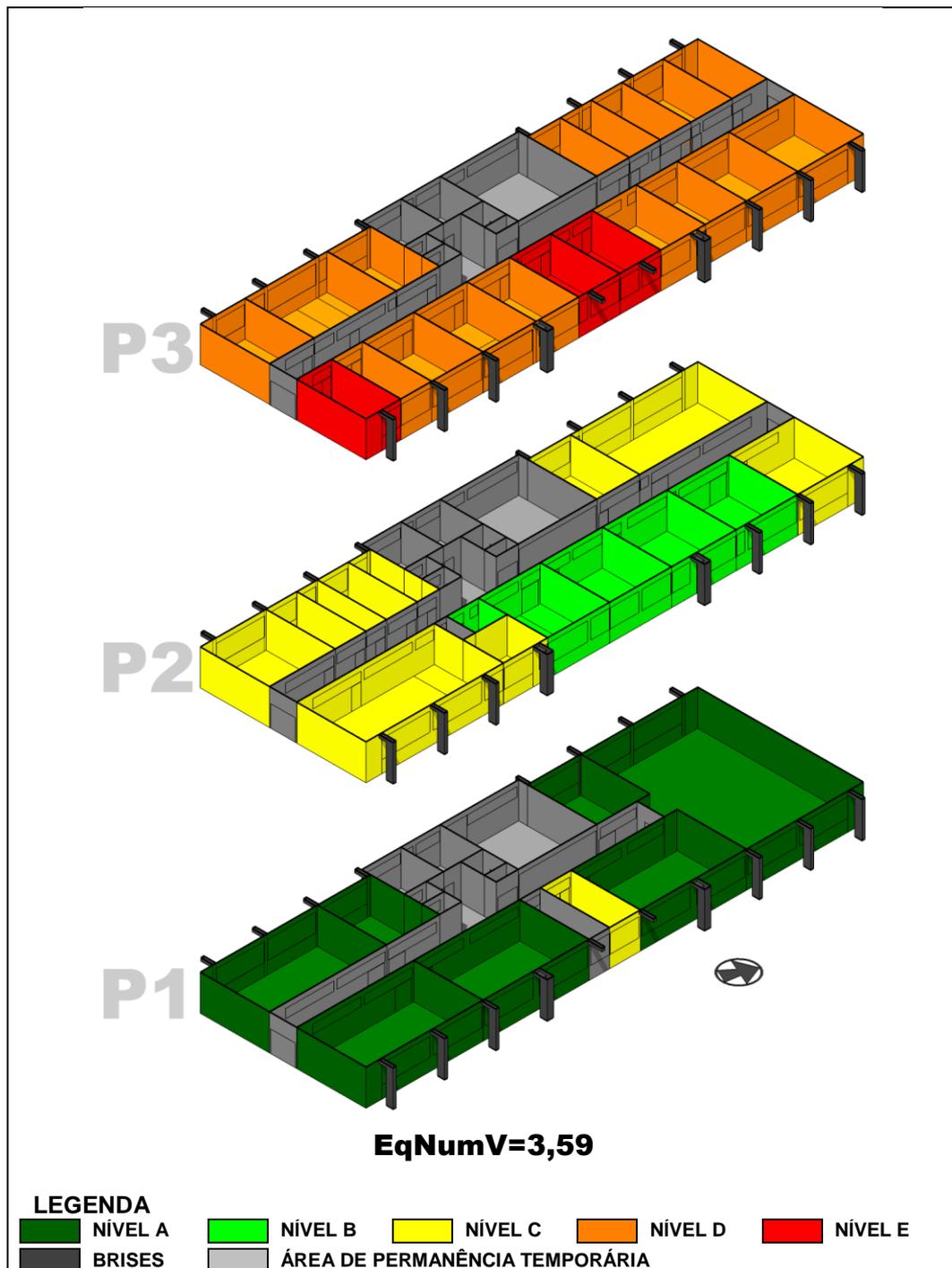


Figura 38 - Resultados das simulações do Projeto 3.

O Projeto 3 tem a propriedade de apresentar paredes externas em painéis pré-fabricados em concreto alveolar, as quais apresentaram a segunda pior transmitância térmica ($3,41 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) entre os sistemas construtivos encontrados nos projetos desta pesquisa, com valores de absorvância variando entre 0,3 (paredes pintadas de cor clara) e 0,7 (paredes com tinta verde escura). Por outro lado, a solução adotada para a cobertura, individualmente, apresentou a menor transmitância térmica ($0,40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) de todos os projetos, combinando telhas com 50mm de isolamento térmico e lajes alveolares.

Os resultados obtidos na simulação permitem inferir que a cobertura de alto desempenho, no entanto, não foi capaz de compensar as trocas térmicas através das paredes. Embora no primeiro pavimento quase todas as salas apresentem um POC maior que 80%, no segundo pavimento, com exceção dos laboratórios de ensino, todos os ambientes administrativos alcançaram, no máximo, o nível C de eficiência energética.

O desempenho foi ainda pior no terceiro pavimento do projeto. As salas administrativas desse andar alcançaram, no máximo, o nível D de eficiência, com três salas sequer atingindo o POC suficiente para esta classificação e recebendo, portanto, o nível E.

A principal causa dos baixos níveis de conforto foi a perda de calor para o exterior, durante os períodos frios. Os níveis de desconforto por frio chegam a atingir uma média de 27,52% no segundo pavimento, e 41,94% no terceiro pavimento da construção.

Aqui, foi identificada uma outra característica que se repetiria no decorrer das simulações: ambientes com menor área útil, normalmente com uso administrativo, apresentam em geral níveis de eficiência menores do que as salas de aula, especialmente em pavimentos acima do nível do solo. A explicação para isso pode ser a diferença das cargas internas nos ambientes administrativos, nos quais tanto a população quanto a densidade de carga de iluminação são menores do que nas salas de aula e laboratórios de ensino.

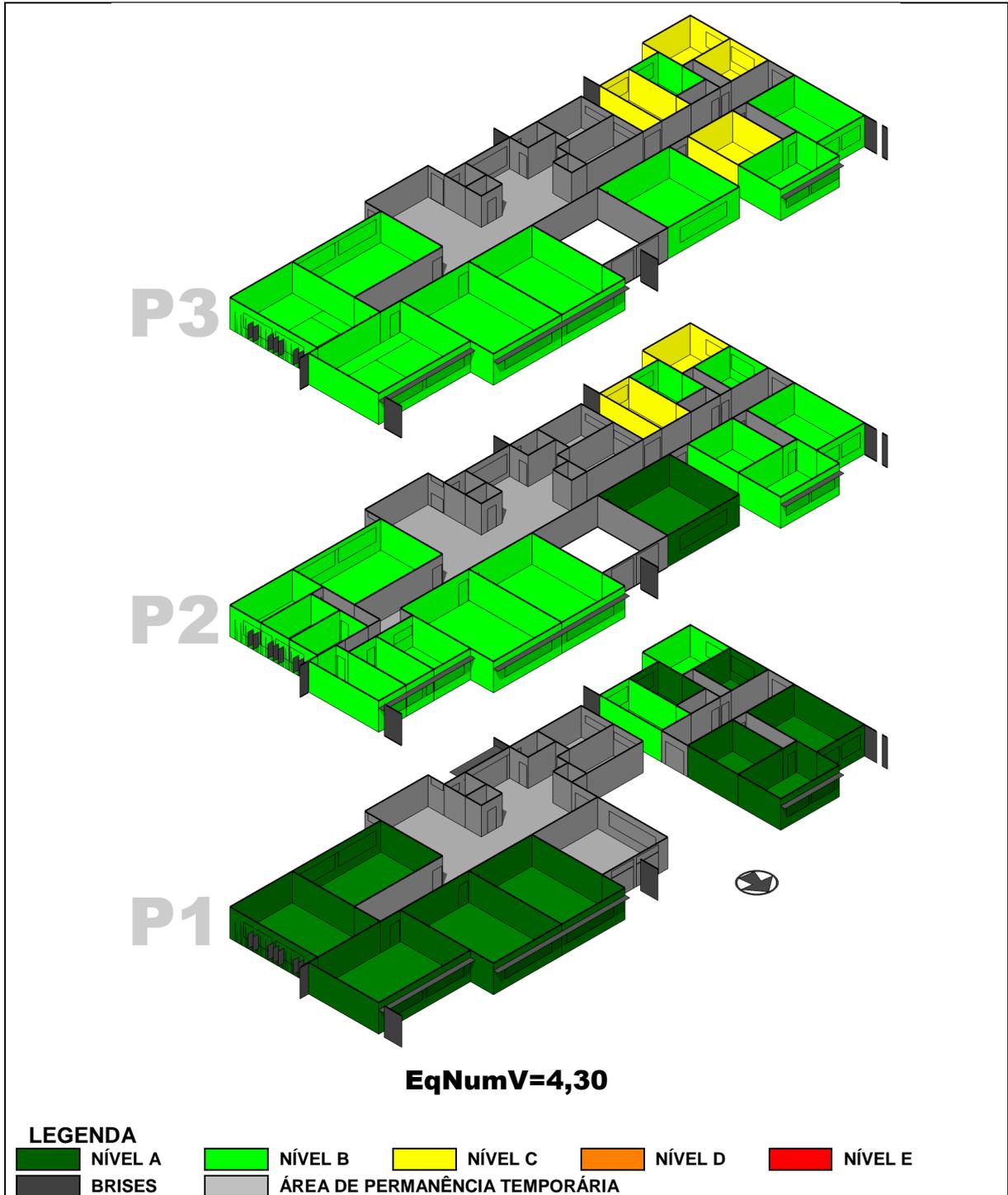


Figura 39 - Resultado das simulações do Projeto 4.

O Projeto 4 especifica as paredes externas com menor transmitância térmica ($U=1,74 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$) e a cobertura com o segundo menor valor ($U=0,57 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). As boas características da envoltória refletem-se em níveis de conforto altos, entre A e B na maioria das salas do projeto. As salas com menores valores de POC, conforme comentado no projeto anterior, foram as salas administrativas, sobretudo aquelas no terceiro pavimento.

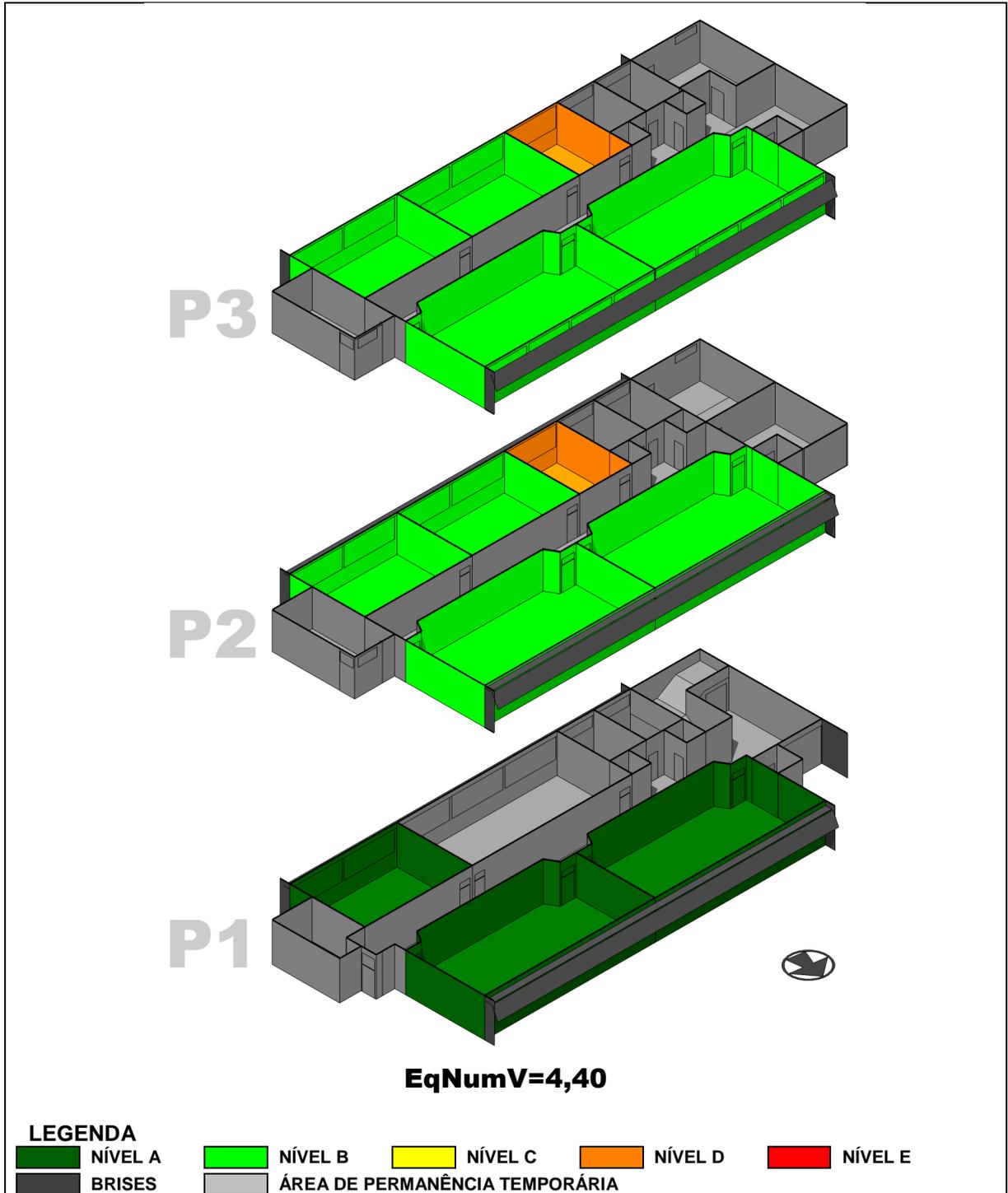


Figura 40 - Resultados das simulações do Projeto 5.

Também no Projeto 5 os resultados foram semelhantes: enquanto as salas de aula mantiveram níveis de eficiência entre A e B (apresentando o pior desempenho no último pavimento), as salas administrativas tiveram uma performance inferior. O desconforto por frio é predominante (20,91% na sala do segundo pavimento, e 28,16% na sala do terceiro), provavelmente como consequência das janelas desses ambientes serem voltadas para a orientação Sul.

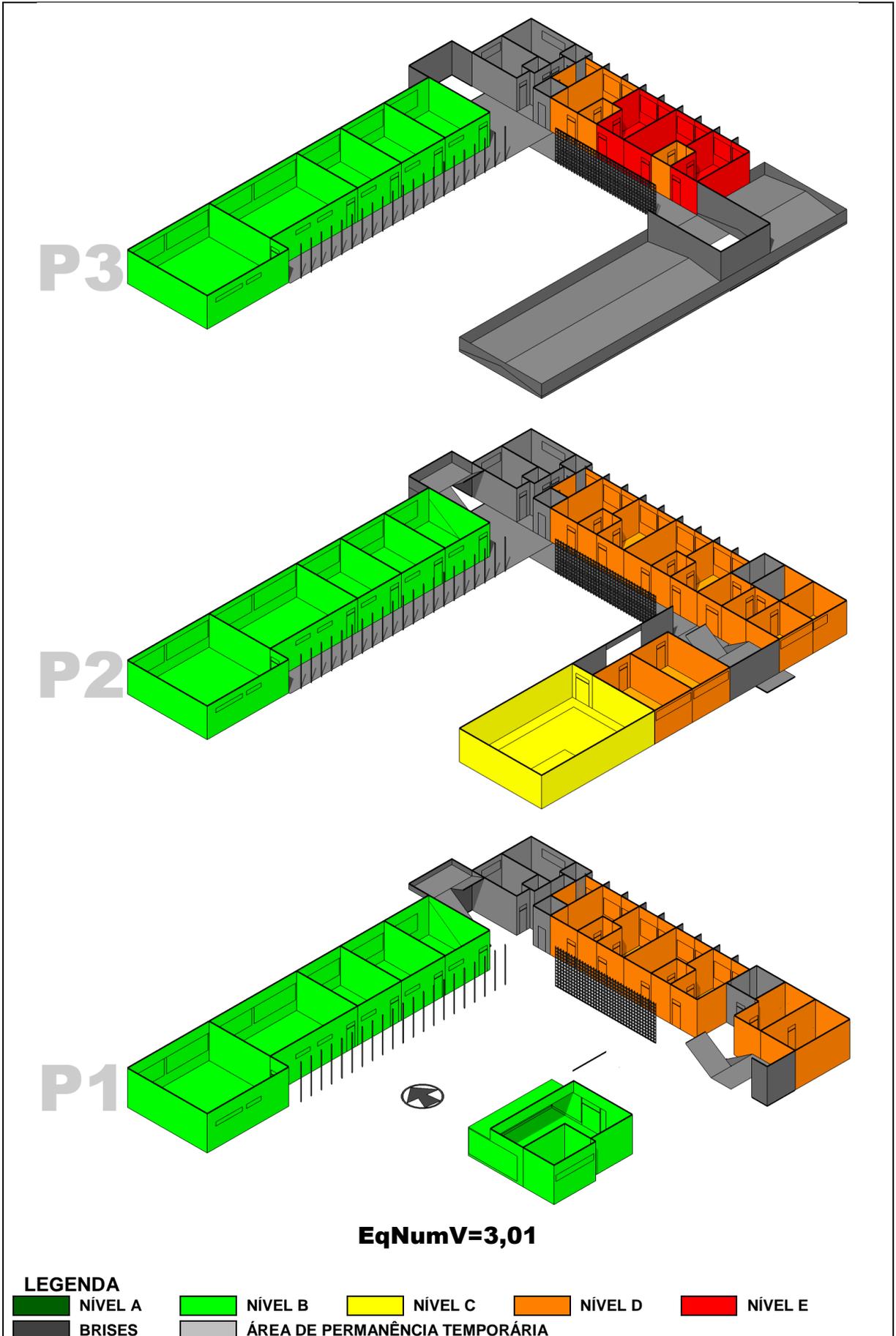


Figura 41 - Resultados das simulações do Projeto 6.

O partido arquitetônico do Projeto 6 influenciou negativamente a eficiência energética da edificação. O fato de o projeto ter circulações sem paredes e abertas para um pátio interno aumentou a área de envoltória em todas as salas, aumentando a exposição dos ambientes às trocas térmicas com o ar externo. Além disso, as paredes voltadas para esse pátio interno possuem transmitância térmica maior que aquelas no perímetro externo do edifício ($2,49 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ nas paredes internas do pátio, e $1,94 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ nas externas).

Com o acréscimo de envoltória, nenhum dos ambientes deste projeto conseguiu atingir o POC mínimo para a obtenção do nível A de eficiência energética. A nota mais alta atingida pelas salas foi B.

As salas de professores, localizadas no bloco do eixo norte-sul do projeto, demonstrou um baixíssimo desempenho. A quantidade de horas ocupadas em desconforto por frio apresentou valores entre 33,87% e 40,22% nestas salas. Estes compartimentos apresentam uma área de janelas equivalente a 33% da área do piso, e a presença de brises verticais reduz a incidência de radiação solar no interior das salas, o que pode ser uma das razões para os altos índices de desconforto por frio.

A decisão de utilizar as circulações abertas tem, ainda, um outro impacto no cálculo da eficiência. O RTQ-C define ambiente como “espaço interno de um edifício, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas” (INMETRO, 2009). Áreas cobertas abertas são consideradas na avaliação do EqNumDPI, mas não participam do cálculo do EqNumV.

Como estes corredores são abertos, não podem ser considerados como ambientes; portanto, a área de circulação deste projeto não é considerada como APT. Dessa forma, há uma considerável queda na parcela da PT referente à ventilação natural, pois toda a área de circulações receberia o peso máximo na Equação Geral.

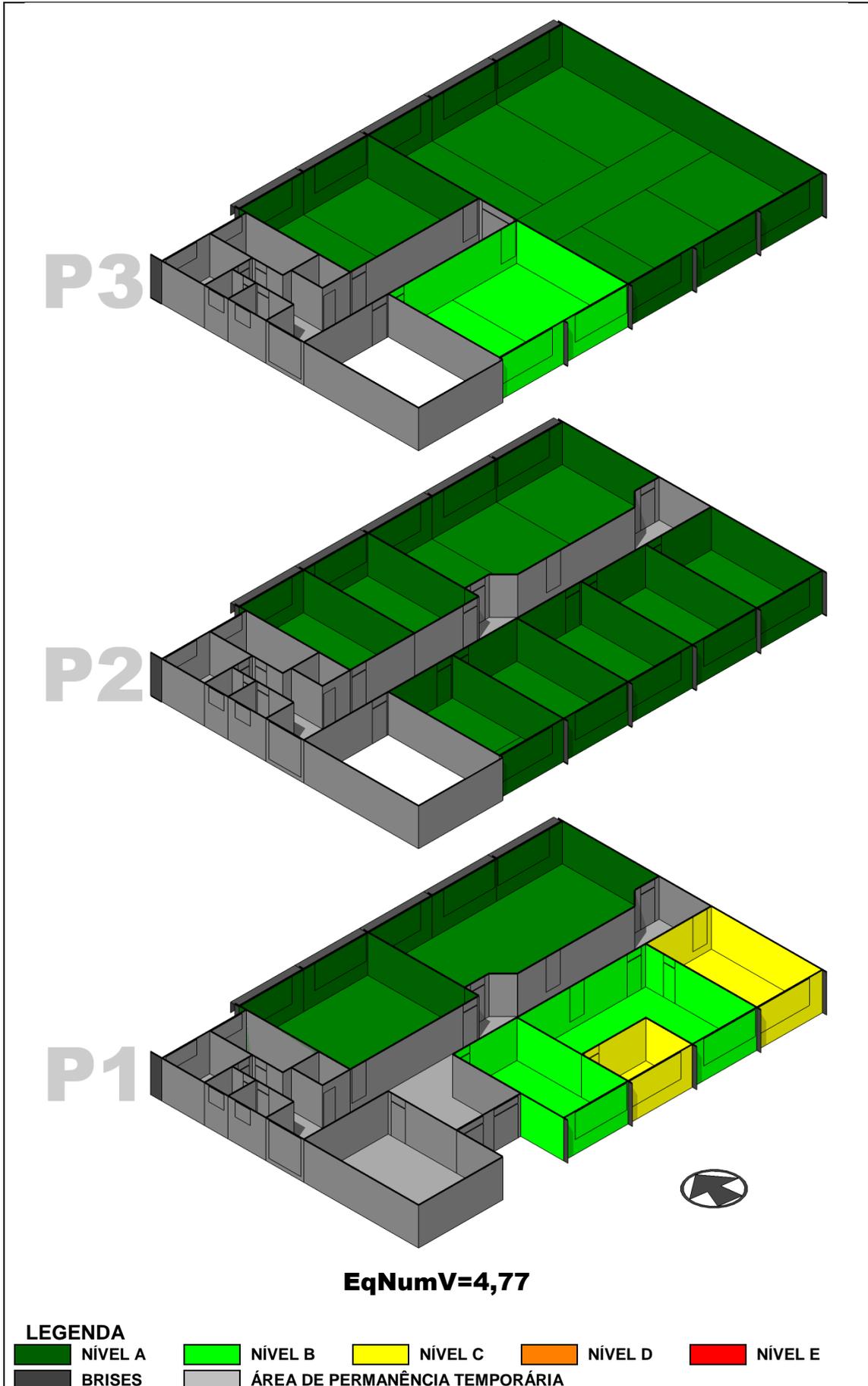


Figura 42 - Resultados das simulações do Projeto 7.

Os resultados das simulações do Projeto 7 repetiram o padrão das salas administrativas observados em outros projetos. Ainda que estejam localizadas no térreo, pavimento onde os níveis de conforto apresentaram resultados melhores em todos os casos, como todas estas salas estão voltadas para o sul, o que é a provável razão dos percentuais de horas em desconforto por frio serem mais altos (média de 17,47% nas salas com nível B e 24,21% nas salas com nível C).

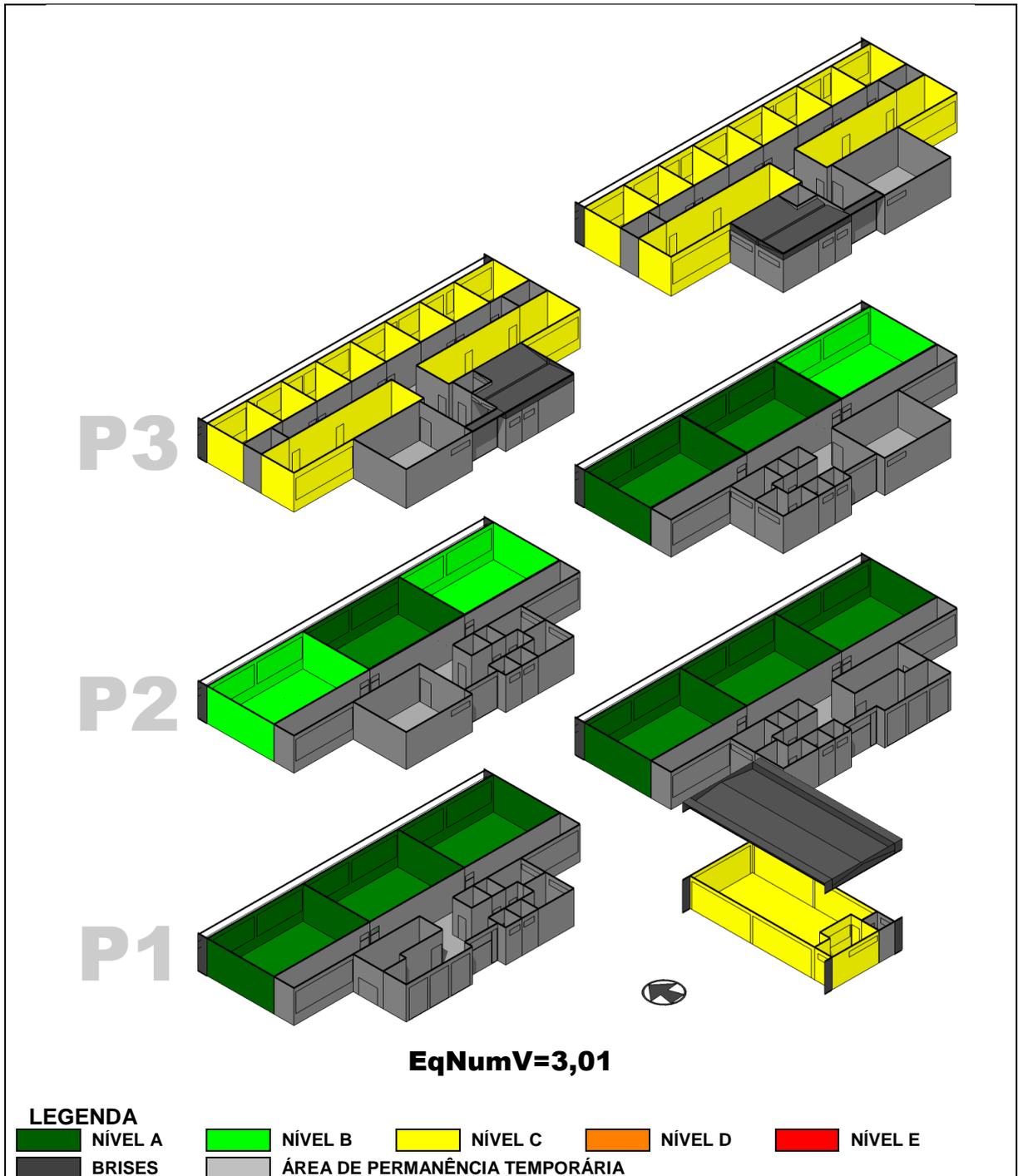


Figura 43 - Resultados das simulações do Projeto 8.

Nos dois prédios de três pavimentos do Projeto 8, observa-se um comportamento térmico semelhante aos dos outros prédios já analisados: as salas de aula apresentam melhores índices de conforto térmico, sobretudo no pavimentos térreo, enquanto as salas administrativas do terceiro pavimento apresentam níveis de conforto térmico abaixo de 70% nas horas ocupadas. Os resultados do desconforto seguem o mesmo padrão verificado nos projetos anteriores, com maior ocorrência de horas em situação de frio (média de 22,01%) do que calor (média de 12,70%). Na edificação térrea, a qual abriga a cantina, o desempenho também foi compatível com o nível C, provavelmente em função da grande área de superfícies envidraçadas neste setor da edificação.

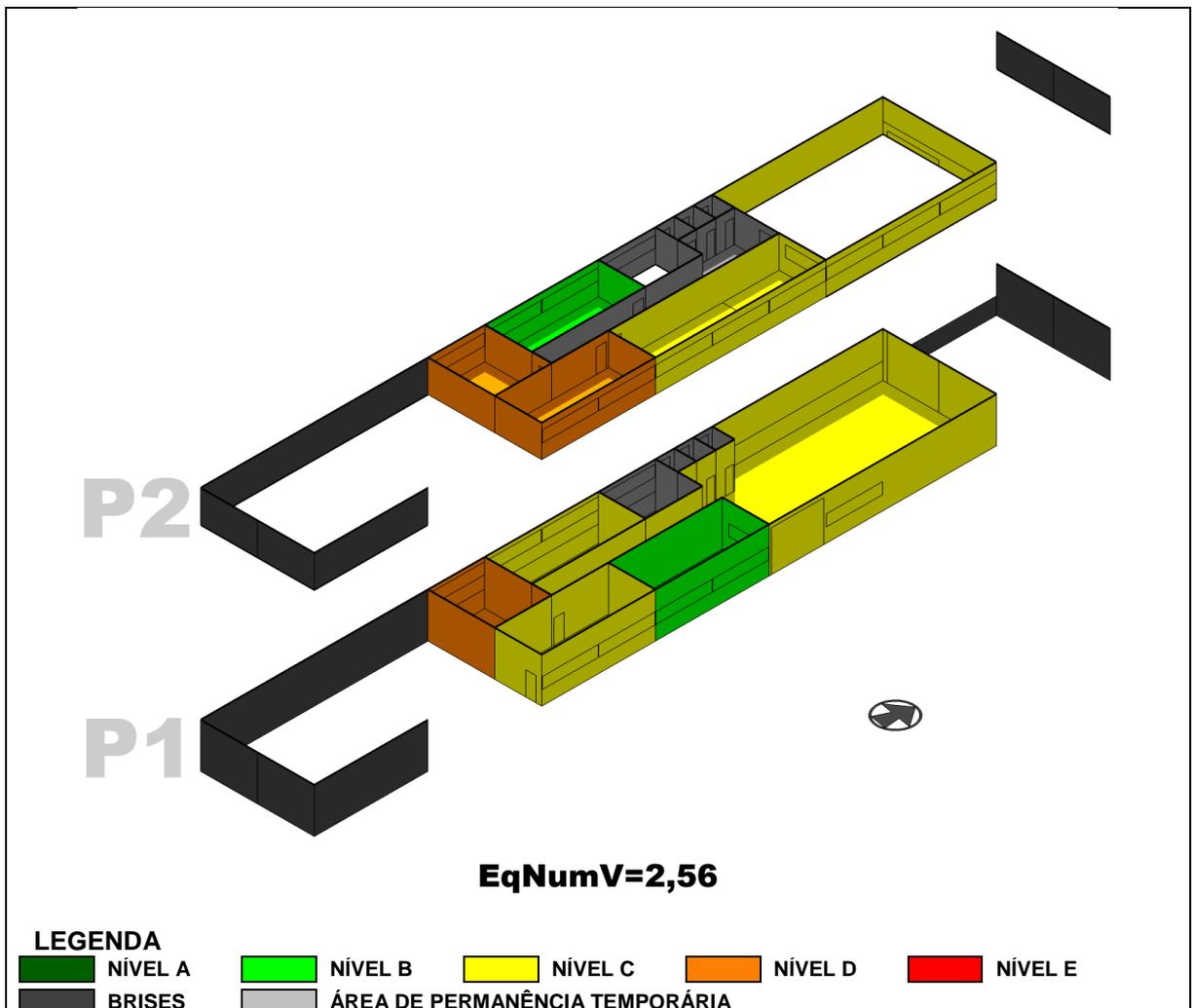


Figura 44 - Resultados das simulações do Projeto 9.

O Projeto 9, dentre todos os simulados, foi o que apresentou o pior desempenho em relação ao conforto térmico. As salas de aula deste projeto alcançaram o nível B de desempenho, contudo os demais ambientes da área não

condicionada apresentaram resultados entre C e D. Dentre os fatores que podem ter influenciado no desempenho inadequado estão: as características da envoltória (paredes com alta transmitância térmica e alta absorvância) e a orientação do prédio no eixo norte-sul, deixando-o mais exposto à insolação durante os meses quentes. Ainda assim, os índices de desconforto por frio encontrados na simulação foram maiores do que o desconforto por calor (23,87% em média de horas ocupadas em frio, contra uma média de 13,00% de horas em situação de calor), indicando a provável influência de outros fatores nos resultados, como as densidades de cargas internas.

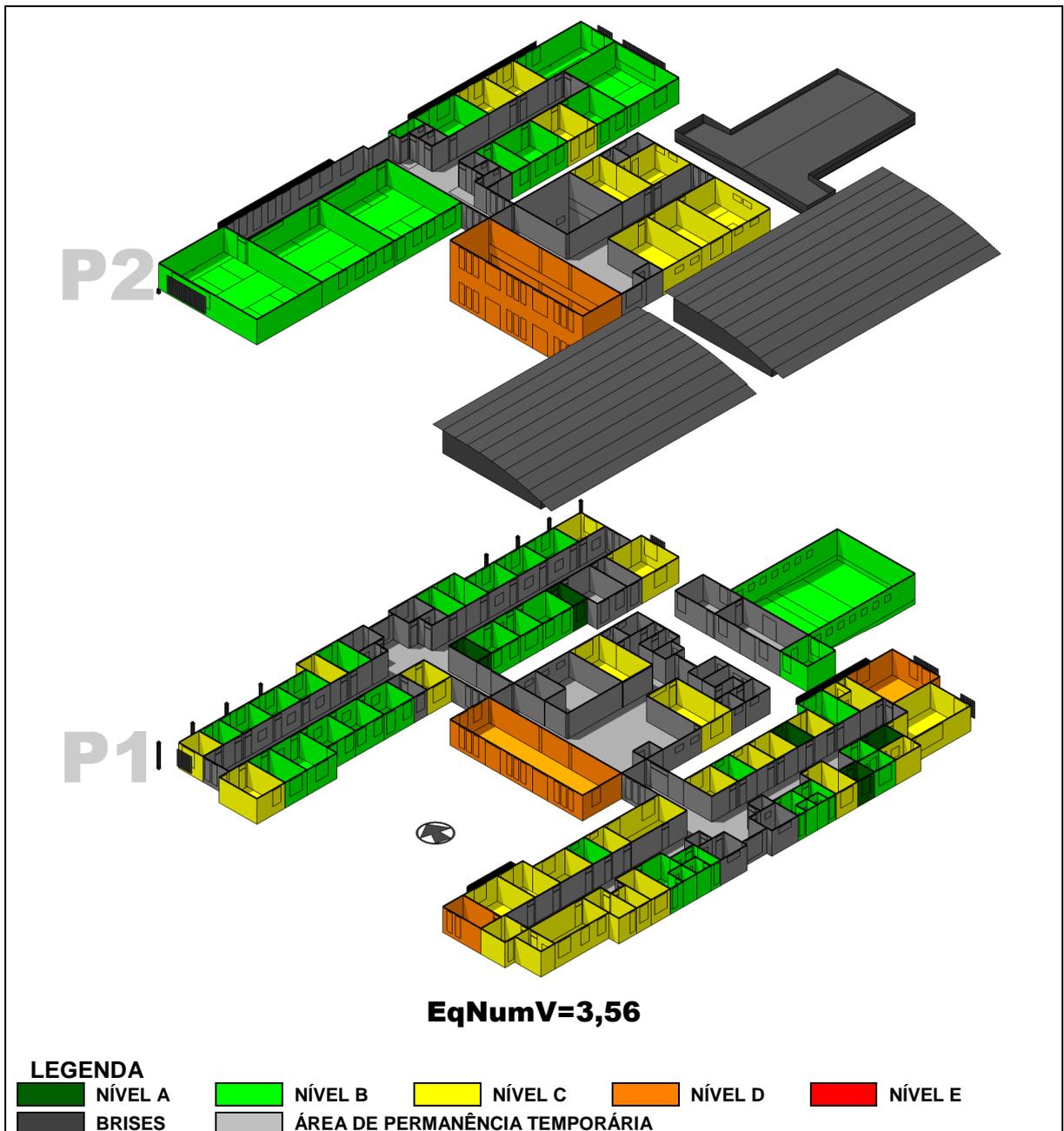


Figura 45 - Resultados das simulações do Projeto 10.

Nas simulações do último projeto analisado, percebe-se uma diferença entre o nível de eficiência nos dois blocos extremos do edifício. No bloco situado ao Norte do prédio, o desempenho da maioria dos ambientes (tanto os administrativos como as salas de aula) atingiu níveis de conforto entre 70% e 80%. Já na porção sul do prédio, há um maior número de ambientes com nível C de desempenho térmico.

Analisando os resultados das simulações como um todo, constatou-se que as salas de aula apresentaram níveis de conforto térmico melhores do que os ambientes administrativos dos prédios. Isso refletiu-se diretamente nos valores do EqNumV dos projetos, nos quais se observou que os projetos com maior proporção de área ocupada por salas de aula tiveram valores maiores neste índice.

A compacidade da proposta arquitetônica também parece ter surtido impacto no resultado final da avaliação de conforto térmico dos edifícios. Prédios com partidos arquitetônicos mais dispersos, como os Projetos 6 e 9, apresentaram resultados inferiores a edificações de áreas semelhantes com partidos mais compactos, como os Projetos 8 e 4.

4.4 Resultados da Avaliação do Sistema de Iluminação

A Tabela 15 a seguir demonstra os resultados da avaliação da potência de iluminação instalada, realizada através do método da área do edifício. São apresentadas, para cada projeto, a área total avaliada, as potências de iluminação limites para cada nível de eficiência energética, a potência instalada na edificação e o nível de eficiência alcançado.

Tabela 15 - Resultados da aplicação do método da área do edifício.

Projeto	Área (m ²)	Potências de Iluminação Limites (W)				Potência Instalada (W)	Nível de Eficiência
		Nível A	Nível B	Nível C	Nível D		
1	1.355,55	14.504,39	16.673,27	18.842,15	21.011,03	13.560	A
2	957,66	10.246,96	11.779,22	13.311,47	14.843,73	12.768	C
3	2.139,58	22.893,51	26.316,83	29.740,16	33.163,49	-	-
4	2.470,21	26.431,25	30.383,58	34.335,92	38.288,26	24.045	A
5	1.374,22	14.704,15	16.902,91	19.101,66	21.300,41	9.304	A
6	1.363,99	14.594,69	16.777,08	18.959,46	21.141,85	16.616	B
7	1.655,39	17.712,67	20.361,30	23.009,92	25.658,55	16.664	A
8	2.098,23	22.451,06	25.808,23	29.165,40	32.522,57	20.438	A
9	907,75	9.712,93	11.165,33	12.617,73	14.070,13	10.744	B
10	2.245,25	24.024,18	27.616,58	31.208,98	34.801,38	24.430	B

Conforme mencionado anteriormente, o Projeto 3 não contava com o projeto elétrico entre os anexos do edital, portanto não pôde ser avaliado. Dos demais

projetos, cinco tiveram potências de iluminação suficientes para atingir o nível A de eficiência; três projetos ficaram com a classificação B (faz-se um destaque para o Projeto 10, que excedeu o limite do nível A apenas em 405,18W, correspondente a 1,69% da potência limite), e um único projeto recebeu a classificação C neste critério.

Contribuem para o bom resultado geral dos projetos o dimensionamento adequado da iluminação, a especificação de luminárias econômicas fluorescentes e de reatores eletrônicos, os quais têm baixa potência. O Projeto 2, embora utilize o mesmo tipo de luminária presente nos demais projetos, parece ter pontos de luz em excesso, tanto nas salas de aula quanto nas circulações, o que contribuiu para o resultado mediano.

Conforme relatado anteriormente, todos os projetos atenderam aos pré-requisitos de Divisão dos Circuitos e de Desligamento Automático do Sistema de Iluminação, pelo fato de nenhum dos projetos avaliados possuir um ambiente maior de 250 m². Sendo assim, o pré-requisito mais importante na avaliação realizada foi o Aproveitamento da Luz Natural.

Foi constatado que nenhum dos projetos atendeu completamente a este pré-requisito. No Projeto 1, nenhuma das salas atendeu a esta condição, o que acabou prejudicando a pontuação final. No Projeto 2, a condição do aproveitamento de luz natural foi satisfeita apenas nas circulações. Algo semelhante ocorreu no Projeto 5, no qual apenas as circulações, sanitários para portadores de necessidades especiais e depósitos de material de limpeza atenderam o pré-requisito, seja pelo fato de possuírem apenas uma luminária, ou de ambas as luminárias se encontrarem próximas das janelas. Nos demais projetos, os resultados foram mistos.

Em salas de aula, percebeu-se que é usual que as luminárias sejam acionadas em linhas paralelas à parede onde se localiza o quadro negro ou a tela do projetor. Assim, quando o quadro negro fica na parede oposta às janelas da sala, é maior a probabilidade de que esta atenda o pré-requisito. Quando as janelas se encontram em uma parede perpendicular ao foco da aula, as luminárias não atendem ao pré-requisito. Essa situação está bem ilustrada no Projeto 4, conforme a Figura 46.

Na ilustração, as letras ao lado das luminárias indicamos grupos que são acionados simultaneamente em cada sala. A posição do quadro da sala é representada por uma linha vermelha. Nas salas coloridas com verde, o pré-requisito de aproveitamento da luz natural foi atendido, portanto estas receberam o nível A

neste critério. Já nas salas amarelas, a classificação atribuída foi C, devido ao não atendimento a essa condição.

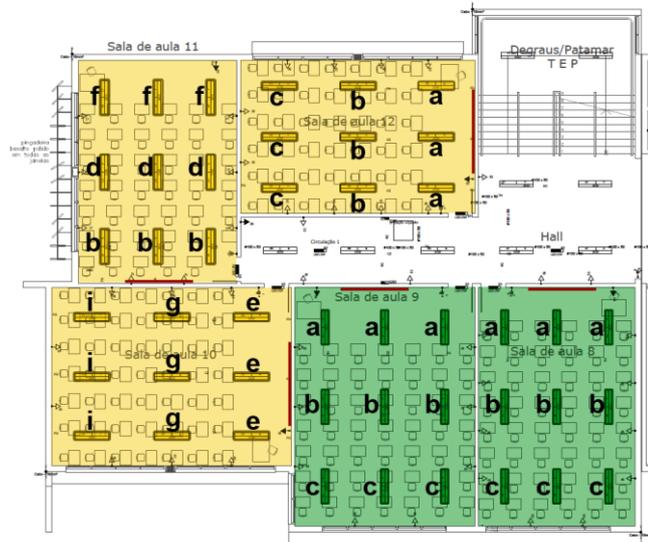


Figura 46 - Iluminação das salas de aula no 3º pavimento do Projeto 4.

A seguir, realizou-se a comparação entre os resultados das duas etapas, para determinar o nível de eficiência efetivo de cada um dos ambientes dos projetos. No Projeto 2, todos os ambientes obtiveram o Nível C, devido à avaliação das potências de iluminação. Nos demais projetos, o fator determinante para o equivalente numérico de cada ambiente foi a nota recebida nos pré-requisitos.

Por fim, realizou-se a ponderação do nível de cada sala dos projetos pela respectiva potência instalada em relação à potência total.

Os resultados finais da comparação do resultado das duas avaliações, com o EqNumDPI calculado e o respectivo nível de eficiência do sistema de iluminação, estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados da avaliação do EqNumDPI.

Projeto	Pot. Total (W)	Pot. Nível A (W)	Pot. Nível B (W)	Pot. Nível C (W)	EqNumDPI	NE
1	13.560	0	0	13.560	3,00	C
2	12.768	0	0	12.768	3,00	C
3	X	X	X	X	X	X
4	24.045	14.061	0	9.984	4,17	B
5	9.304	3.488	0	5.816	3,75	B
6	16.616	12.328	0	4.288	4,48	B
7	16.664	1.912	0	14.752	3,27	C
8	20.438	6.598	0	13.840	3,65	B
9	10.744	0	4.224	6.520	3,39	C
10		0	16.174	8.256	3,66	B

Comparando as duas tabelas anteriores, é possível perceber a importância da atenção ao cumprimento dos pré-requisitos na etapa de projeto. Quatro dos prédios analisados (Os projetos 1, 4, 5 e 9) tiveram a avaliação da potência de iluminação rebaixada em um nível, por falharem em atender o pré-requisito do aproveitamento da luz natural. Mais grave ainda foi o caso do Projeto 7, que teve a nota deste critério rebaixada em dois níveis, do A para o C.

4.5 Resultados dos Pontos de Bonificação

Conforme relatado anteriormente, nenhum projeto continha especificações para utilização de módulos fotovoltaicos para geração de energia, ou de iniciativas de cogeração ou outras inovações tecnológicas. Desta forma, a avaliação da bonificação de cada projeto restringiu-se à avaliação do percentual de economia no uso de água.

A Tabela 17 apresenta as estratégias de economia de água encontradas nas especificações e orçamentos dos projetos estudados, através dos equipamentos sanitários especificados.

Tabela 17 - Estratégias de economia de água empregadas nos projetos

Projeto	Sanitário	Mictório	Lavatório	Pia
1	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
2	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
3	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
4	NÃO	SIM	SIM	SIM
5	NÃO	SIM	SIM	SIM
6	NÃO	SIM	SIM	SIM
7	NÃO	SIM	SIM	SIM
8	NÃO	SIM	SIM	SIM
9	NÃO	NÃO	SIM	SIM
10	NÃO	SIM	SIM	SIM

Nenhum dos projetos especificou a utilização de bacias sanitárias com acionamento duplo para a descarga. Os arejadores nas torneiras das cozinhas foram utilizados em todos os projetos, bem como as torneiras automáticas e com arejadores nos lavatórios dos banheiros. Os projetos de uma instituição também especificam o uso de válvulas automáticas econômicas para os mictórios. A Tabela 18 a seguir apresenta os consumos por acionamento dos equipamentos hidráulicos de referência

e econômicos considerados nos cálculos, conforme o Manual para Aplicação do RTQ-C (INMETRO, 2009).

Tabela 18 - Consumo dos aparelhos sanitários padrão e econômicos.

Equipamento	Consumo Referência (l)	Consumo Econômico (l)
Bacia Sanitária	6,8	3,0 / 6,0
Mictório	3,8	1,2
Lavatório	1,5	1,0
Pia	2	1,0

Outro dado fundamental para o cálculo da economia de água alcançada é a frequência de uso de cada aparelho, por cada tipo de usuário do edifício. Esses dados estão apresentados na Tabela 19 a seguir.

Tabela 19 - Frequência de uso dos aparelhos sanitários.
Fonte: adaptada de INMETRO, 2009.

Equipamento	Alunos e Visitantes		Funcionários e Professores	
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Bacia Sanitária	0,1	0,5	1	3
Mictório	0,4	0	2	0
Lavatório	0,5	0,5	3	3
Pia	0	0	1	1

Considerando-se todos os dados apresentados, juntamente com a população de cada prédio, calculou-se os consumos diários de referência e reais para cada um dos projetos, para finalmente determinar o percentual de economia de água alcançado com as medidas implantadas, e a bonificação correspondente a este percentual. Os resultados finais são demonstrados na Tabela 20.

Tabela 20 - Bonificação alcançada em cada projeto.

Projeto	Alunos	Func.	Visit.	Cons. Ref. (l)	Cons. Real (l)	Economia	Bonificação
1	678	18	0	2.406,90	2.237,40	7,04%	0,18
2	416	8	0	1.668,00	1.544,00	7,43%	0,19
3	X	X	X	X	X	X	X
4	585	129	0	5.156,25	4.044,78	21,56%	0,54
5	637	21	0	2.759,65	2.158,94	21,77%	0,54
6	450	98	146	4.458,00	3.499,28	21,51%	0,54
7	419	33	35	2.396,00	1.874,68	21,76%	0,54
8	518	74	51	3.823,45	2.999,70	21,54%	0,54
9	82	34	0	1.254,90	1.149,40	8,41%	0,21
10	247	100	363	4.554,30	3.573,56	21,53%	0,54

Os resultados encontrados demonstram o impacto que a seleção dos equipamentos corretos tem no consumo de água de uma edificação. O fato de os

projetos 4 a 8 terem especificado uma válvula de mictório com um consumo reduzido acarretou uma economia em torno de 21%, contra uma economia de cerca de 7% nos dois projetos que utilizaram apenas torneiras econômicas nos lavatórios e pias.

Também vale notar que a população dos projetos não teve grande influência na economia obtida. Há uma grande variação não só em número de pessoas, como também na distribuição dos usuários nas diversas categorias consideradas; ainda assim, mesmo que os consumos sejam maiores nos prédios com maior população, os tipos de aparelhos hidráulicos especificados é que influenciaram no percentual de economia alcançado e, conseqüentemente, na bonificação obtida em cada projeto.

4.6 Resultados do Cálculo do Nível de Eficiência dos Projetos

A Tabela 21 a seguir apresenta um resumo dos valores obtidos para todos os índices necessários ao cálculo da PT de cada um dos casos analisados: ANC, EqNumV, APT, EqNumDPI e bonificação. Ao final, a Tabela também mostra a PT atingida por cada um dos projetos, e o respectivo NE obtido.

Tabela 21 - Cálculo da Pontuação Total dos projetos.

Projeto	ANC	EqNumV	APT	EqNumDPI	BON.	PT	NE
1	1.011,80	4,89	323,75	3,00	0,18	4,52	A
2	616,96	4,50	340,70	3,00	0,19	4,36	B
3	1.524,22	3,59	615,36	-	-	-	B (EqNumV)
4	1.580,55	4,30	889,66	4,17	0,54	4,98	A
5	1.013,90	4,40	651,49	3,23	0,54	4,75	A
6	1.259,07	3,23	104,92	4,48	0,54	4,24	B
7	988,66	4,77	385,56	3,75	0,54	5,05	A
8	1.264,52	4,58	833,71	3,65	0,54	4,96	A
9	467,93	2,65	140,98	3,39	0,21	3,46	C
10	1.315,33	3,56	929,92	3,40	0,54	4,47	B

A maioria dos projetos conseguiu atingir o Nível A de eficiência energética, segundo a metodologia do RTQ-C. O Projeto 3, por não conter informações sobre os projetos elétrico e hidrossanitário, não pôde ter a avaliação completa, portanto somente o EqNumV foi calculado, recebendo o Nível B de eficiência.

Observando os dados, pode-se observar a importância da pontuação de bonificação na avaliação final. Cinco dos seis projetos que alcançaram a classificação A só o fizeram devido aos pontos que obtiveram na avaliação de economia de água.

A única exceção foi o Projeto 7, que alcançou a pontuação mínima apenas com as avaliações da envoltória e do sistema de iluminação.

A proporção entre a ANC e a APT também se mostra como um fator importante para se alcançar a pontuação necessária para o Nível A. No Projeto 6, as escadas e circulações são abertas ao ambiente, fazendo com que a APT ficasse restrita aos banheiros e depósitos do prédio. Neste caso, as boas pontuações obtidas no EqNumDPI e na bonificação não foram suficientes para atingir os 4,5 pontos necessários para a classificação A.

4.7 Resultados do Aprimoramento dos Projetos

A primeira medida de aprimoramento implementada nos projetos refere-se ao sistema de bonificações. Através da utilização de equipamentos econômicos em todos os pontos consumidores de água, é possível incrementar o percentual de economia atingido e, portanto, ampliar a bonificação. A Tabela 22 a seguir demonstra o percentual de economia em todos os projetos, através desta intervenção no projeto.

Tabela 22 - Cálculo da Pontuação Total dos projetos.

Projeto	Cons. Ref. (I)	Cons. Real (I)	Economia Real	Cons. Mínimo (I)	Economia Máxima	Bonificação
1	2.406,90	2.237,40	7,04%	1.610,25	33,10%	0,83
2	1.668,00	1.544,00	7,43%	951,84	42,94%	1,00
3	X	X	X	X	X	X
4	5.156,25	4.044,78	21,56%	3.453,30	33,03%	0,83
5	2.759,65	2.158,94	21,77%	1.579,52	42,76%	1,00
6	4.458,00	3.499,28	21,51%	2.592,54	41,85%	1,00
7	2.396,00	1.874,68	21,76%	1.380,74	42,38%	1,00
8	3.823,45	2.999,70	21,54%	2.217,05	42,01%	1,00
9	1.254,90	1.149,40	8,41%	744,90	40,64%	1,00
10	4.554,30	3.573,56	21,53%	2.648,28	41,85%	1,00

Com a utilização dos equipamentos eficientes em todos os pontos consumidores de água, apenas duas edificações não conseguiriam atingir os 40% de economia de água para garantir o ponto integral de bonificação. Ainda assim, esta intervenção representa uma melhora na pontuação final da avaliação, além de ser um benefício inegável ao meio ambiente. O cálculo do novo nível de eficiência dos projetos após a implementação desta correção é apresentado na Tabela 23.

Tabela 23 – Pontuação Total após melhorias na bonificação.

Projeto	ANC	EqNumV	APT	EqNumDPI	Bon.	PT	NE
1	1.011,80	4,89	323,75	3,00	0,83	5,17	A
2	616,96	4,50	340,70	3,00	1,00	5,17	A
3	1.524,22	3,59	615,36	-	-	-	B (EqNumV)
4	1.580,55	4,30	889,66	4,17	0,83	5,27	A
5	1.013,90	4,40	651,49	3,23	1,00	5,21	A
6	1.259,07	3,01	104,92	4,48	1,00	4,70	A
7	988,66	4,77	385,56	3,75	1,00	5,51	A
8	1.264,52	4,58	833,71	3,65	1,00	5,42	A
9	467,93	2,65	140,98	3,39	1,00	4,25	B
10	1.315,33	3,56	929,92	3,40	1,00	4,93	A

Com esta simples alteração, cujo impacto financeiro no preço total da obra é irrisório (uma vez que representa apenas a substituição de um equipamento por outro), dois dos projetos com avaliação B conseguiram atingir o nível A de eficiência energética. O Projeto 9, por sua vez, melhorou sua classificação de C para B, com uma pontuação muito próxima dos 4,5 pontos necessários para a melhor classificação. Como este foi o único Projeto completo que ainda não atingiu a classificação especificada na IN 02/2014, as próximas etapas serão centradas somente nele.

Conforme a avaliação do sistema de iluminação do Projeto 9 efetuada anteriormente, constatou-se que o projeto luminotécnico não atende dois critérios importantes: a potência total instalada (10.744W) supera o limite do nível A de eficiência, deixando-o classificado no nível B neste quesito. No entanto, a não observância ao pré-requisito de aproveitamento da luz natural em mais da metade dos ambientes faz com que o EqNumDPI seja igual a 3,39, equivalente ao nível C.

Assim, a primeira medida proposta para o aprimoramento da pontuação do EqNumDPI é a adequação do acendimento das luminárias dos ambientes, de forma a permitir o atendimento ao pré-requisito. Esta adequação resume-se a substituir os interruptores nas salas, permitindo assim o acionamento isolado das luzes próximas às janelas somente quando necessário. Novamente, esta é uma medida cujo impacto financeiro no valor total da obra é ínfimo.

A segunda intervenção sugerida para melhorar a avaliação da iluminação interna é a substituição das lâmpadas fluorescentes especificadas no projeto luminotécnico por lâmpadas de LED tubulares. Esta substituição traz duas vantagens: em primeiro lugar, as novas lâmpadas propostas têm uma potência inferior, o que ajuda a reduzir o consumo de eletricidade do sistema; além disso, as lâmpadas de LED não necessitam da instalação de reator, o qual é imprescindível para as fluorescentes. Por outro lado, as lâmpadas de LED são mais caras, e em quantidade, podem representar um acréscimo significativo no preço total da obra.

A seguir, a Tabela 24 demonstra o cálculo do impacto da implementação das medidas corretivas no EqNumDPI do Projeto 9.

Tabela 24 - Cálculo do novo EqNumV do Projeto 9.

Pav.	Ambiente	Potência Instalada (W)	Potência proposta (W)
1	Sala de Aula 1	384	240
1	Sala Adminisitrativa 1	512	320
1	Sala de Reuniões	384	240
1	Sala de Aula 2	512	320
1	Escada	64	40
1	Circulação	512	320
1	Hall	512	320
1	Oficina	2000	2000
1	WC 1	32	20
1	WC 2	32	20
1	DML	64	40
1	Depósito	2000	2000
1	Câmara Acústica	1496	935
2	Lab. De Informática	320	200
2	Sala Adminisitrativa 1	512	320
2	Sala Adminisitrativa 2 (Reuniões)	384	240
2	Sala Administrativa 3	512	320
2	Circulação	384	240
2	WC 1	32	20
2	WC 2	32	20
2	Copa	64	40
POTÊNCIA TOTAL INSTALADA (W)		10.744	8.215

Com a substituição das lâmpadas, a potência de iluminação instalada no prédio sofre uma redução de 23,54%, ficando em 8.215W. Conforme a Tabela 15 constante no Capítulo 4 (p.99), a potência máxima para o nível A de eficiência é de 9.712,93 W. Sendo assim, a substituição das lâmpadas faz com que a iluminação do projeto atinja o melhor nível de eficiência pelo método da área do edifício.

Finalmente, a Tabela 25 demonstra o impacto dos melhoramentos do sistema de iluminação na Pontuação Total do Projeto 9.

Tabela 25 – Pontuação Total do Projeto 9 após melhoramentos no sistema de iluminação.

Projeto	ANC	EqNumV	APT	EqNumDPI	Bon.	PT	NE
9	467,93	2,65	140,98	5,00	1,00	4,74	A

4.8 Resultados da Simulação do Consumo de Eletricidade

Os resultados das simulações do consumo de eletricidade para condicionamento dos projetos estudados estão apresentados na Tabela 26. Juntamente com os consumos para aquecimento e resfriamento, são apresentados os dados relativos à área condicionada de cada prédio, bem como o índice de consumo por metro quadrado. Por fim, apresenta-se o valor do EqNumV calculado nas simulações de conforto, para facilitar a comparação dos resultados obtidos na etapa atual.

Tabela 26 – Resultados das simulações do consumo de eletricidade.

Projeto	Área Condicionada (m ²)	Consumo Resfriamento (kWh)	Consumo Aquecimento (kWh)	Consumo Total (kWh)	Consumo/Área (kWh/m ²)	EqNumV
1	1.011,80	29.517,66	19.174,04	48.691,70	48,12	4,89
2	616,96	25.394,49	7.887,59	33.282,08	53,95	4,50
3	1.524,22	34.472,46	18.522,37	52.994,83	34,77	3,59
4	1.580,55	48.492,67	14.057,06	62.549,73	39,57	4,30
5	1.013,90	36.884,51	17.857,78	54.742,29	53,73	4,40
6	1.259,07	28.596,86	16.869,50	45.466,39	36,11	3,01
7	988,66	25.956,23	7.637,34	33.593,57	33,98	4,77
8	1.264,52	29.777,29	19.583,50	49.360,79	39,04	4,58
9	8.972,42	8.972,42	9.732,53	18.704,95	39,97	2,65
10	1.315,33	27.699,67	19.255,08	46.954,75	35,70	3,56

Os resultados obtidos nas simulações de consumo conflitam com aqueles encontrados na verificação do conforto térmico dos projetos. Em primeiro lugar, a média de valores de consumo foi muito semelhante para sete dos dez edifícios incluídos, ficando entre 33,98 e 39,97 kWh/m². Além disso, dois dos projetos com pontuações suficientes para receber o Nível A na avaliação do conforto (os Projetos 1 e 2) apresentaram índices de consumo por área mais altos do que outros projetos com avaliações inferiores na fase anterior. Então, analisando apenas os resultados como apresentados, tem-se a impressão que as características construtivas dos projetos têm pouca ou nenhuma influência na economia de energia para condicionamento dos prédios.

Contudo, ao confrontar estes resultados com os dados de proporção de área por tipo de uso (apresentados anteriormente, na Tabela 12 e na Figura 35), notou-se que os prédios que apresentaram maior índice de consumo por área foram aqueles em que a área total de salas de aula, na área condicionada, era maior do que a área total correspondente a outros usos (administrativo, auditório, laboratórios).

O consumo para o condicionamento nas salas de aula é maior por dois motivos principais. Primeiramente, de acordo com as agendas de ocupação estabelecidas para os modelos, as salas de aula são utilizadas em três turnos, enquanto os demais ambientes dos prédios funcionam apenas durante a manhã e a tarde. Além disso, a carga térmica proveniente da população de usuários é bem maior, uma vez que a densidade populacional nas salas de aula é bem superior a dos demais ambientes (uma pessoa a cada 1,50m² de área nas salas de aula, contra 1 pessoa a cada 7,00m² nos demais ambientes).

Portanto, foram realizadas novas simulações, introduzindo modificações na agenda de ocupação e na densidade de população das salas de aula dos modelos, igualando estas características aos ambientes administrativos. Com isso, todos os projetos analisados tornaram-se mais homogêneos, possibilitando comparações mais precisas entre os aspectos construtivos dos edifícios. Os resultados destas novas simulações são introduzidos na Tabela 27.

Tabela 27 – Resultados das simulações do consumo após as modificações.

Projeto	Área Condicionada (m ²)	Consumo Resfriamento (kWh)	Consumo Aquecimento (kWh)	Consumo Total (kWh)	Consumo/Área (kWh/m ²)	EqNumV
1	1.011,80	7.550,48	12.326,87	19.877,35	19,65	4,89
2	616,96	9.708,89	3.361,79	13.070,68	21,19	4,50
3	1.524,22	25.225,21	15.073,13	40.298,34	26,44	3,59
4	1.580,55	20.115,30	8.724,95	28.840,25	18,25	4,30
5	1.013,90	13.212,76	10.506,88	23.719,64	23,39	4,40
6	1.259,07	13.351,76	12.999,25	26.351,01	20,93	3,01
7	988,66	17.819,96	6.716,09	24.536,05	24,82	4,77
8	1.264,52	11.785,47	13.582,65	25.368,12	20,06	4,58
9	8.972,42	7.259,51	8.963,08	16.222,59	34,67	2,65
10	1.315,33	20.602,71	17.071,45	37.674,16	28,64	3,56

Os novos resultados encontrados demonstram uma maior relação com os valores do EqNumV calculados anteriormente. Agora, o Projeto 9, o qual obteve a pior nota na avaliação do conforto térmico, também apresentou o valor mais alto de consumo por área. Os demais valores de consumo, no entanto, não apresentam uma correlação tão direta com os EqNumV calculados.

Também vale mencionar a amplitude dos valores de consumo encontrados. Considerando-se que todos os prédios analisados nessa etapa do trabalho obtiveram o Nível A de eficiência, o consumo do Projeto 10 foi quase 90% maior que o menor dos consumos, correspondente ao Projeto 4.

5. Considerações Finais

Este trabalho se propôs a analisar o nível de eficiência energética de projetos de prédios de salas de aula, ventilados naturalmente, localizados na Zona Bioclimática 2, e licitados por IFES no período de agosto de 2014 a dezembro de 2016. Esse período foi escolhido por ser o início da vigência da Instrução Normativa 02/2014, emitida pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento. Essa IN determina que projetos de prédios com mais de quinhentos metros quadrados, licitados por instituições públicas federais, devem ser elaborados visando alcançar o nível A de eficiência energética, através da metodologia do RTQ-C.

Além de apurar a classificação energética dos prédios, a pesquisa teve como objetivos: caracterizar os prédios de salas de aula licitados, identificar as questões que comprometessem a obtenção da melhor avaliação de eficiência energética, e assim, indicar soluções para estas questões, demonstrando o impacto da implementação das medidas corretivas na avaliação da edificação.

Em relação ao primeiro objetivo específico, o estudo teve êxito em identificar as principais características das licitações de prédios de sala de aula no período estudado, bem como as características dos projetos. As licitações realizadas foram, quase unanimemente, concorrências públicas; apenas uma das contratações foi realizada pelo Regime Diferenciado de Contratações da Lei 12.462 (BRASIL, 2010). Foram analisados editais de quatro IFES, sendo uma delas responsável por sete dos dez projetos verificados. A faixa de valores das licitações ficou entre dois e cinco milhões de reais. Todas as obras foram licitadas sob o regime de execução de empreitada por preço global, e quatro dos dez editais estudados referiam-se a remanescentes de obras parcialmente executadas. Esse último dado tem importância dentro dos critérios avaliados porque é um indicativo de que os projetos desses editais foram elaborados em um período anterior à vigência da Instrução Normativa, portanto sem considerar critérios importantes para a eficiência definidos no RTQ-C.

Vale ressaltar que nenhum dos editais apresentava, entre seus anexos, a ENCE Geral de Projeto. Tampouco foram encontradas nos memoriais quaisquer observações orientando a futura empresa responsável pela construção para que a obra fosse executada atendendo às condições expressas no RTQ-C e no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C) (INMETRO, 2010b).

Todos os projetos analisados foram elaborados em regime de execução direta, ou seja, realizados pela equipe técnica da própria IFES licitante. Os prédios de salas de aula analisados, em geral, têm um partido compacto, com uma implantação que tende a ser horizontalizada, contando com dois ou três pavimentos. Em geral, são prédios com programas mistos, abrigando não só a função principal como também outros usos característicos de apoio, como salas de professores, ambientes administrativos, auditórios, cantinas e depósitos.

Quanto aos aspectos construtivos, verificou-se que as técnicas construtivas tradicionais da região são as mais empregadas, pelo menos no que diz respeito às paredes: a maioria dos projetos especificava alvenarias de tijolos cerâmicos furados, com reboco em ambas as faces, e espessuras variadas de projeto (entre 15 e 25cm). Apenas dois projetos especificavam painéis pré-fabricados em concreto. Já nas coberturas, encontrou-se uma variedade maior de soluções, através de diferentes combinações entre os materiais das telhas, lajes e forros. O tipo de telha mais frequentemente encontrado foi a de aluzinc, sem isolamento térmico e com acabamento natural. Entre as lajes, destaca-se a utilização das pré-lajes com tabelas de EPS, especificamente nas obras de uma das IFES. O tipo de forro mais comumente encontrado foi o de gesso, seguido pelas coberturas sem este tipo de revestimento interno. Todas as construções empregavam vidros transparentes comuns, com espessura de 4mm nas janelas e 6mm nas portas.

A avaliação da eficiência energética seguiu as orientações dos Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, o RTQ-C (INMETRO, 2010a). Tal avaliação se deu em três etapas: simulação computacional para verificação do percentual de horas ocupadas em conforto térmico dos ambientes de permanência prolongada das edificações; avaliação do sistema de iluminação do edifício pelo método prescritivo, utilizando a abordagem da área do edifício, e verificação do percentual de economia de água,

através da metodologia LEED 2009, conforme indicado no Manual para Aplicação do RTQ-C.

Os resultados obtidos na avaliação do EqNumV refletem a diversidade de soluções de projeto encontradas na pesquisa, variando entre 2,65 e 4,89. Alguns padrões, contudo, foram identificados nas análises dos valores de conforto térmico de cada um dos prédios simulados.

Em primeiro lugar, constatou-se que o nível de eficiência nas salas de aula sempre foi maior do que os níveis em compartimentos com outros tipos de utilização, dentro de uma mesma edificação e no mesmo pavimento. Foram encontradas maiores diferenças nos níveis de desconforto por frio, em todos os casos, o que corrobora os dados do arquivo climático utilizados para a realização das simulações.

Edificações com partidos mais compactos e implantados sobre o eixo Norte-Sul demonstraram melhor desempenho que os prédios com partidos mais dispersos, ou aqueles implantados em diferentes orientações.

A avaliação também confirmou o fraco desempenho dos projetos com paredes de alta transmitância térmica, como o Projeto 9, com seus painéis de concreto maciço e pouca espessura. Contudo, verificou-se que nas construções de alvenaria (desde que observada a compactidade de implantação comentada anteriormente) os resultados foram bastante satisfatórios, ainda que nenhuma das vedações especificadas tenha atendido aos pré-requisitos de transmitância térmica impostos para a avaliação prescritiva. Isso reforça a maior flexibilidade do uso da simulação como método de avaliação da eficiência.

Os sistemas de iluminação de todos os projetos especificavam a utilização de lâmpadas fluorescentes tubulares, em sua absoluta maioria. As exceções ficaram por conta de alguns prédios com sanitários iluminados por lâmpadas fluorescentes compactas, ou um único caso em que foram utilizadas lâmpadas de vapor de mercúrio em duas salas. A utilização de luminárias fluorescentes contribuiu para que cinco dos nove projetos avaliados neste quesito (um deles não continha os projetos elétricos dentre os editais) atingissem o nível A na avaliação da potência de iluminação; três deles alcançaram o nível B, e um único ficou com a classificação C.

Contudo, o critério que mais comprometeu a nota final do EqNumDPI dos prédios estudados foi o descumprimento do pré-requisito de aproveitamento da luz solar. Nenhum dos projetos observou esse critério em todos os seus ambientes, fazendo com que quase todos tivessem reduções na pontuação alcançada no critério

anterior. A exceção ficou por conta do Projeto 2, que já tinha recebido o nível C pela potência de iluminação instalada; neste caso, o fato de o pré-requisito não ter sido cumprido em nenhum dos ambientes acabou não modificando a avaliação prévia.

Na avaliação da economia de água, constatou-se que nenhum dos projetos especificava a utilização de bacias sanitárias de duplo acionamento dentre os equipamentos sanitários. Ao proceder o cálculo da economia de água, os projetos conseguiram receber bonificações entre 0,18 e 0,54 na avaliação final.

Na etapa final da avaliação de eficiência energética, ou seja, o cálculo da Pontuação Total através da Equação Geral, cinco dos nove projetos atingiram a pontuação necessária para a obtenção da ENCE nível A de Projeto. Três deles receberam o nível B de eficiência, e um projeto chegou apenas até o nível C. O cálculo evidenciou o peso das áreas de permanência temporária na avaliação final: por receberem, automaticamente, o equivalente numérico mais alto no momento do cálculo, projetos com valores de EqNumV mediano podem alcançar uma pontuação mais alta se a APT for muito representativa dentro da área total do projeto.

Através do processo de etiquetagem das edificações, cumpriu-se o segundo objetivo específico do trabalho: a identificação das barreiras que impedem a obtenção da classificação máxima nos projetos. No sistema de iluminação, a principal questão apontada é o cuidado com o atendimento de todos os pré-requisitos específicos, seguido da redução da potência instalada através da utilização de luminárias de LED. Por fim, para incrementar a bonificação recebida na avaliação, é necessário que todos os equipamentos hidráulicos e sanitários incluídos no projeto proporcionem economia de água.

Essas intervenções foram implementadas nos projetos na terceira etapa da pesquisa, verificando-se o impacto das modificações propostas na Pontuação Total. Ao utilizar equipamentos econômicos em todos os pontos hidráulicos, seis das nove edificações conseguiram superar os 40% de economia necessários para o recebimento do ponto integral de bonificação. As notas finais perceberam aumento entre 9,11% e 22,81%, e três dos quatro projetos com avaliações inferiores conseguiriam obter a ENCE de Projeto nível A apenas com essa alteração. No último dos projetos, as modificações do sistema de iluminação propostas elevaram o valor do EqNumDPI do projeto para o valor máximo de 5, e com isso, esse projeto também obteve o melhor nível de eficiência. Com isso, o terceiro objetivo específico da pesquisa foi atingido.

Não obstante, ainda há espaço para melhoria na qualidade dos projetos. Neste trabalho não foram feitas propostas de intervenções nos componentes da envoltória dos prédios, uma vez que as correções dos outros dois sistemas foram suficientes para a obtenção do nível A. Reconhece-se, contudo, que melhorar as características térmicas das paredes, coberturas, esquadrias e vidros das edificações, bem como verificação e adequação dos sistemas de brises utilizados nos projetos, teria impactos positivos nos resultados de conforto térmico obtidos nas simulações, uma vez que alguns projetos apresentaram desempenho fraco em relação ao conforto térmico.

As simulações de consumo de eletricidade para condicionamento artificial dos prédios reforçaram a necessidade de realizar alterações nas envoltórias de alguns dos edifícios analisados. À primeira vista, os resultados dessa etapa pareciam não ter relação com as avaliações de conforto térmico realizadas anteriormente, visto que alguns dos projetos com as melhores notas no EqNumV apresentaram os maiores índices de consumo de eletricidade. Entretanto, uma análise mais aprofundada dos resultados alcançados mostrou que a diferença de carga térmica entre os variados usos dos prédios teve uma significativa influência nos resultados obtidos, o que dificultou a análise.

Após a realização de alterações para equalizar os usos e agendas de ocupação, os resultados do consumo de eletricidade ficaram mais coerentes, ainda que não fossem homogêneos. Embora todos os Projetos tenham recebido a ENCE nível A, detectou-se uma diferença de quase 90% entre o menor e o maior valor encontrado. Os três maiores valores encontrados referiam-se aos projetos cujas características arquitetônicas já haviam se mostrado inadequadas, como paredes em painéis de concreto, com alta transmitância térmica, e partidos arquitetônicos dispersos.

Ao final das avaliações, ficou demonstrado que a distância entre os projetos de salas de aula licitados pelas IFES e a ENCE nível A de projeto, no período inicial da obrigatoriedade da etiquetagem de eficiência para esses projetos, não era muito grande. Comprovou-se que, com pequenas modificações nos sistemas de iluminação e nos equipamentos hidráulicos dos projetos, estes conseguiriam atingir a melhor classificação de eficiência energética.

As avaliações desenvolvidas neste trabalho também demonstram a versatilidade do método de simulação computacional do RTQ-C para a avaliação de

projetos de edificação. Nenhum dos projetos atendeu plenamente aos pré-requisitos gerais do regulamento, os quais são uma condição essencial para obtenção do Nível A, caso a avaliação seja efetuada pelo método prescritivo. Entretanto, como esses pré-requisitos são dispensáveis em caso de avaliação por simulação, foi possível que os projetos analisados alcançassem a classificação máxima do regulamento.

A facilidade para a obtenção da classificação máxima do RTQ-C, no entanto, não assegura necessariamente a qualidade dos projetos. Conforme visto neste trabalho, o método de determinação de eficiência energética proposto pelo regulamento contém dispositivos que, quando explorados, podem ajudar a elevar a nota de um edifício que não é tão eficiente.

No caso do cálculo do EqNumV, o fato de as áreas de permanência temporária da edificação receberem, automaticamente, o maior equivalente numérico possível para o cálculo pode aumentar a nota de uma edificação com baixos índices de conforto térmico. Isso é especialmente verdade em casos em que os ambientes de permanência temporária ocupam uma área semelhante àqueles de permanência prolongada, onde realmente se desenvolvem as atividades dos usuários, como ocorreu no Projeto 10 analisado nesta pesquisa.

A utilização da comprovação de economia de água para a obtenção do ponto extra também é um recurso que pode ser facilmente aproveitado indevidamente. Como foi visto no decorrer do trabalho, o processo de cálculo do percentual de economia sofre uma maior influência dos tipos de aparelhos utilizados; a quantidade de aparelhos ou o tamanho da população do prédio têm pouca importância no cálculo. Dessa forma, se um edifício possuir apenas um sanitário completo (com bacia sanitária, lavatório e mictório) e uma pia de cozinha, ambos equipados com dispositivos econômicos, é possível conseguir a bonificação máxima, mesmo que a quantidade de equipamentos sanitários não seja suficiente para atender às necessidades dos usuários.

Por fim, este trabalho mostrou que a obtenção do nível máximo na avaliação proposta pelo RTQ-C não pode ser considerada como o único parâmetro para afirmar a eficiência energética de um projeto. A avaliação do consumo de eletricidade necessário para climatizar artificialmente os edifícios estudados reforça esta afirmação: a grande diferença encontrada entre os consumos mínimo e máximo, já comentada anteriormente, serve como indicador deste fato.

Recomenda-se, portanto, que na avaliação do nível de eficiência de edificações naturalmente ventiladas, seja realizada a simulação complementar do consumo de energia na hipótese de condicionamento artificial do prédio. Assim, é possível ter uma noção mais completa do comportamento energético e térmico do edifício, o que possibilita a implementação de medidas que melhorem o desempenho em ambos os aspectos.

5.1 Limitações da Pesquisa

Uma das limitações do trabalho foi a utilização de um único arquivo climático, referente à cidade de Santa Maria. Embora essa prática seja permitida dentro do RTQ-C, sabe-se que há diferenças no clima de localidades diferentes, ainda que essas estejam inclusas em uma mesma Zona Bioclimática. Tais diferenças podem ter impacto sobre os resultados de conforto térmico.

O número restrito de IFES representadas dentre os projetos analisados neste trabalho também pode ser percebido como um fator limitante da pesquisa. Tal fato foi consequência do método utilizado para a obtenção dos projetos

Outro entrave reconhecido na pesquisa foi a falta de especificação das cores exatas das fachadas na maioria dos projetos simulados. Esse item tem relação direta com a absorvância das paredes, o qual por sua vez tem efeito nas condições de conforto térmico dos ambientes internos. Vários memoriais descritivos tratam a cor da fachada como um atributo a ser definido pela fiscalização durante a execução da obra. Assim, assumiu-se um índice de absorvância referente a paredes de cor clara, para o prosseguimento das simulações.

5.2 Sugestões para Futuros Trabalhos

Esta dissertação teve como cerne a análise de edificações de salas de aula naturalmente ventiladas, licitadas por IFES entre agosto de 2014 e dezembro de 2016, na Zona Bioclimática 2. Há, portanto, uma série de estudos que podem dar sequência no trabalho aqui realizado.

Como o espaço de tempo considerado corresponde ao início da vigência da IN 02, e muitos dos projetos selecionados para o estudo tratavam-se de licitações para complementação de obras, é provável que estes projetos não tenham sido elaborados

levando em conta as orientações do RTQ-C. Este argumento suporta-se, por exemplo, no fato de nenhum dos projetos de iluminação interna considerar o pré-requisito de aproveitamento da luz natural em todos os seus ambientes. Assim, é interessante reproduzir a avaliação com projetos licitados após este período, e verificar se ocorreram mudanças nos projetos motivadas pela questão da eficiência energética.

Os resultados encontrados durante a fase da simulação computacional apontaram notáveis diferenças entre o conforto térmico nas salas de aula e nos demais ambientes administrativos do projeto. A investigação do nível de eficiência de prédios com outros tipos de funções principais, especialmente os administrativos, também se apresenta como um campo para futuras pesquisas.

Finalmente, seria importante avaliar o desempenho de edificações localizadas em outras zonas bioclimáticas. As diferentes características do clima em cada região do país exigem a adoção de estratégias de condicionamento passivo diversas. Dessa forma, é importante averiguar o impacto dessas estratégias no conforto térmico dos prédios e na avaliação de seus níveis de eficiência energética.

Referências

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 2010, 54p.

AMORIM, Cláudia Neves David; BAFFI, Basílio; SILVA, Caio Frederico. **Simulação computacional da envoltória de edifício público**. XVI ENTAC. Anais do Evento. São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13532. Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 15220. Norma Brasileira de Desempenho Técnico de Edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BAETA, André P. **Orçamento e Controle de Preços de Obras Públicas**. São Paulo, PINI, 2012.

BATISTA, Norma do Nascimento; ROVERE, Emilio Lèbre La; AGUIAR, João Carlos Rodrigues. **Energy efficiency labeling of buildings: An assessment of the Brazilian case**. In: Energy and Buildings, n. 43, p. 1179-1188, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 9.412, de 18 de junho de 2018**. Atualiza os valores das modalidades de licitação de que trata o art. 23 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 19 de junho de 2018.

BRASIL, CASA CIVIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 22 de junho de 1993.

_____. **Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002**. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37 inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 18 de julho de 2002.

_____. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 28 de dezembro de 2009.

_____. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1º de agosto de 2010.

_____. **Lei nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010.** Altera as leis nº 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e 10.973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o §1º do art. 2º da Lei nº 11.273, de 6 de fevereiro de 2006. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 16 de dezembro de 2010.

_____. **Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011.** Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas - RDC; altera a Lei no 10.683, de 28 de maio de 2003, que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, a legislação da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) e a legislação da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero); cria a Secretaria de Aviação Civil, cargos de Ministro de Estado, cargos em comissão e cargos de Controlador de Tráfego Aéreo; autoriza a contratação de controladores de tráfego aéreo temporários; altera as Leis nos 11.182, de 27 de setembro de 2005, 5.862, de 12 de dezembro de 1972, 8.399, de 7 de janeiro de 1992, 11.526, de 4 de outubro de 2007, 11.458, de 19 de março de 2007, e 12.350, de 20 de dezembro de 2010, e a Medida Provisória no 2.185-35, de 24 de agosto de 2001; e revoga dispositivos da Lei no 9.649, de 27 de maio de 1998. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 16 de dezembro de 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DE PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Instrução Normativa nº 1, de 19 de janeiro de 2010.** Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 20 de janeiro de 2010.

_____. **Instrução Normativa nº 2, de 4 de junho de 2014.** Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia 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*. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 5 de junho de 2014.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A3P – Agenda Ambiental na Administração Pública.** 5a. ed. Brasília, DF, 2009.

COELHO, Marina Morena Alves. O controle externo das licitações e dos contratos dos tribunais de contas. In: Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais, v.72, n. 3, p. 49-77, 2009.

DE DEAR, Richard J.; BRAGER, Gail S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. In: **Energy and Buildings**, n. 34, p. 549-561, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balço Energético Nacional 2016:** Ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

HONG, Tianzhen. A closer look at the China Design Standard for Energy Efficiency of Public Buildings. In: **Energy and Buildings**, n. 41, p. 426-435, 2009.

HONG, Tianzhen; LI, Cheng; YAN, Da. Updates to the China Design Standard for Energy Efficiency in public buildings. In: **Energy Policy**, n. 41, p. 187-198, 2015.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Eletrobrás, 2010a.

_____. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Eletrobrás, 2010b.

_____. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R**. Eletrobrás, 2012.

_____. **Manual para Aplicação do RTQ-C**. Versão 2. Eletrobrás, 2013.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em 20/09/2018.

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br>> . Acesso em 20/09/2018.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LabEEE). **Manual de Simulação Computacional de Edifícios Naturalmente Ventilados no Programa EnergyPlus – Versão 8.0**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 56p, 2013.

LAMBERTS, Paulo; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura – 3ª Edição**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 382 p, 2013.

LOPES, A. C. P.; OLIVEIRA FILHO, D.; ALTOE, L.; CARLO, J. C.; LIMA, B. B. Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil compared to the United States' and Portugal's. In: **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 66, p. 207-219, 2016.

OLIVEIRA, Bernardo S.C.M. de; SANTOS, Luis Miguel Luzio dos. Compras públicas como política para o desenvolvimento sustentável. In: **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, n. 49, p. 189-206.

OLIVEIRA, L. S.; SHAYANI, R.A.; OLIVEIRA, M.A.G. Proposed business plan for energy efficiency in Brazil. In: **Energy Policy**, n. 61, p. 523-531, 2013.

OLIVEIRA, Rafael Carvalho Rezende; FREITAS, Rafael Vêras de. O Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC) e a Administração de Resultados. In: **Revista Eletrônica de Direito Administrativo Econômico (REDAE)**, Salvador, Instituto Brasileiro de Direito Público, n. 27, 2011. Disponível em <<http://www.direitodoestado.com/revista/REDAE-27-AGOSTO-2011-RAFAEL-OLIVEIRA-RAFAEL-FREITAS.pdf>>. Acesso em: 04/04/2017.

OREE, Vishwamitra; KHOODARUTH, Abdel; TEEMUL, Hemanand. A case study for the evaluation of realistic energy retrofit strategies for office buildings in the Southern Hemisphere. In: **Building Simulation**, n. 2, v. 9, p. 113-125, 2016.

PORTAL DE COMPRAS DO GOVERNO FEDERAL. Disponível em <<http://www.comprasgovernamentais.gov.br>>. Acesso em: 02/03/2017.

RÊGO, G.S.; PIMENTA, H.C.D.; SARAIVA, V.M. Agenda Ambiental na Administração Pública – A3P: um estudo sobre a potencialidade da aplicação no município de São Gonçalo do Amarante/RN. In: **Revista Holos**, Natal, IFRN, Ano 27, v. 4, p. 32-50, 2015.

SEMPRINI, Giovanni; MARINOSCI, Cosimo; FERRANTE, Annarita; PREDARI, Giorgia; MOCHI, Giovanni; GARAI, Massimo; GULLI, Riccardo. **Energy management in public institutional and educational buildings: The case of the school of engineering and architecture in Bologna.** In: *Energy and Buildings*, n. 126, p. 365-374, 2016.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do Trabalho Científico.** 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SHEN, Liyin; HE, Bei; JIAO, Liudan; SONG, Xiangnan; ZHANG, Xiaoling. **Research on the development of main policy instruments for improving energy efficiency.** In: *Journal of Cleaner Production*, n. 112, p. 1789-1803, 2016.

SILVA, Wesley Pereira da. **Critérios de sustentabilidade para contratações de obras na administração pública.** Ponta Grossa, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TULSYAN, Ankur; DHAKA, Shivraj; MATHUR, Jyotirmay; YADAV; Jai Vardhan. **Potential of energy savings through implementation of Energy Conservation Building Code in Jaipur city, India.** In: *Energy and Buildings*, n. 58, p. 123-130, 2013.

UNIÃO EUROPEIA. **Directive 2010/31/EU:** Energy Performance of Buildings. Official Journal of the European Union, 18 de junho de 2010.

Apêndices

Apêndice A – Tabela dos Dados Obtidos no Comprasnet

A Tabela A.1 apresenta os dados de todos os editais de licitação obtidos através da pesquisa no Portal de Compras Governamentais (Comprasnet), seguindo os procedimentos detalhados no Capítulo 3.1 da dissertação. São apresentados o identificador de cada edital; os dados da IFES licitante (código UASG e a sigla); a Zona Bioclimática da cidade onde se implanta o projeto (quando a identificação foi possível); a modalidade, número e ano da licitação; se o edital estava completo com todos os anexos, e se o projeto tinha mais de quinhentos metros quadrados de área construída.

Tabela A.1 – Dados das licitações

ID	UASG	SIGLA	ZB	MOD.	NUM	ANO	COMPLETO	500M ²
1	158676	IFRS	1	TP	4	2014	N	-
2	158268	IFFARROUPILHA	2	CP	2	2014	N	-
3	158326	IFRS	3	CP	8	2014	N	-
4	158262	IFRS	2	CP	6	2014	S	S
5	153164	UFSM	3	TP	20	2014	N	-
6	158267	IFFARROUPILHA	2	CP	3	2014	N	-
7	158267	IFFARROUPILHA	2	CP	1	2014	N	-
8	158126	IFRSUL	2	TP	1	2014	N	-
9	158126	IFRSUL	2	CP	4	2014	N	-
10	158126	IFRSUL	2	CP	3	2014	N	-
11	153164	UFSM	2	CP	23	2014	S	S
12	153164	UFSM	2	CP	22	2014	S	S
13	153164	UFSM		CP	20	2014	S	S
14	153164	UFSM	2	CP	19	2014	S	S
15	153164	UFSM		CP	17	2014	S	N
16	153164	UFSM	2	CP	14	2014	S	S
17	153164	UFSM		CP	13	2014	S	S
18	153164	UFSM	3	CP	12	2014	S	S
19	154359	UNIPAMPA	2	CP	5	2014	N	-
20	154359	UNIPAMPA	2	CP	4	2014	N	-
21	158141	IFRS	2	RDC	11	2014	N	-
22	158141	IFRS	1	RDC	8	2014	N	-
23	158141	IFRS	1	RDC	7	2014	N	-
24	158268	IFFARROUPILHA	2	CP	3	2014	S	N
25	158126	IFRSUL	2	CP	6	2014	N	-
26	153114	UFRGS	3	CP	14	2014	N	-
27	153164	UFSM		TP	33	2014	S	S
28	153164	UFSM		TP	27	2014	S	N

(continua)

Tabela A.1 – Dados das licitações (continuação)

ID	UASG	SIGLA	ZB	MOD.	NUM	ANO	COMPLETO	500M ²
29	153164	UFSM	3	TP	26	2014	S	N
30	153164	UFSM		TP	23	2014	S	N
31	153164	UFSM		CP	29	2014	S	S
32	153164	UFSM		CP	28	2014	S	S
33	153164	UFSM		CP	27	2014	S	S
34	153164	UFSM		CP	26	2014	S	S
35	153164	UFSM		CP	25	2014	S	S
36	153164	UFSM		CP	24	2014	S	S
37	153164	UFSM	2	CP	21	2014	S	S
38	153164	UFSM		CP	18	2014	S	S
39	154359	UNIPAMPA	2	TP	7	2014	S	N
40	158263	IFRS	2	CP	13	2014	N	-
41	158675	IFRS	2	RDC	14	2014	N	-
42	158126	IFRSUL	2	TP	3	2014	N	-
43	158126	IFRSUL	2	TP	2	2014	N	-
44	158126	IFRSUL	2	CP	8	2014	N	-
45	154359	UNIPAMPA	2	CP	17	2014	N	-
46	154359	UNIPAMPA	2	CP	16	2014	N	-
47	154359	UNIPAMPA	2	CP	15	2014	N	-
48	154359	UNIPAMPA	2	CP	14	2014	N	-
49	154359	UNIPAMPA	2	CP	13	2014	N	-
50	154359	UNIPAMPA	2	CP	12	2014	N	-
51	154359	UNIPAMPA	2	CP	11	2014	N	-
52	154359	UNIPAMPA	2	CP	10	2014	N	-
53	154359	UNIPAMPA	2	CP	9	2014	N	-
54	154359	UNIPAMPA	1	CP	8	2014	N	-
55	154359	UNIPAMPA	2	CP	7	2014	N	-
56	154359	UNIPAMPA	2	CP	6	2014	N	-
57	154047	UFPel	2	CP	7	2014	N	-
58	154047	UFPel	2	RDC	5	2014	N	-
59	153164	UFSM		TP	35	2014	S	N
60	153164	UFSM		CP	32	2014	S	S
61	154359	UNIPAMPA	2	TP	13	2014	N	-
62	154359	UNIPAMPA	2	TP	12	2014	S	N
63	154359	UNIPAMPA	2	TP	11	2014	N	-
64	154359	UNIPAMPA	2	TP	10	2014	N	-
65	154359	UNIPAMPA	2	TP	9	2014	S	N
66	158263	IFRS	2	CP	11	2014	S	S
67	154047	UFPel	2	RDC	3	2014	N	-
68	154047	UFPel	2	RDC	2	2014	S	S
69	153164	UFSM		TP	36	2014	S	N
70	154042	FURG	3	CP	2	2014	N	-
71	154042	FURG	3	CP	1	2014	N	-
72	153164	UFSM	2	CP	4	2015	S	S
73	154042	FURG	3	CP	1	2015	S	N
74	153164	UFSM	1	TP	2	2015	N	-
75	158517	UFFS	2	RDC	3	2015	N	-
76	153164	UFSM		CP	8	2015	S	S
77	153164	UFSM		TP	8	2015	N	-
78	153164	UFSM		TP	7	2015	N	-
79	153164	UFSM		TP	10	2015	N	-
80	154042	FURG	3	CP	3	2015	N	-
81	154042	FURG	3	TP	2	2015	S	N
82	158126	IFRSUL	2	CP	1	2015	N	-
83	154047	UFPel	2	RDC	1	2015	N	-

(continua)

Tabela A.1 – Dados das licitações (continuação)

ID	UASG	SIGLA	ZB	MOD.	NUM	ANO	COMPLETO	500M ²
84	153164	UFSM	1	TP	12	2015	S	N
85	153164	UFSM	1	CP	13	2015	S	S
86	153164	UFSM	2	CP	12	2015	S	S
87	153164	UFSM	1	CP	11	2015	S	S
88	154042	FURG	3	TP	6	2015	S	N
89	154042	FURG	3	TP	5	2015	S	N
90	153164	UFSM	1	TP	16	2015	S	N
91	154042	FURG	3	CP	6	2015	S	S
92	154042	FURG	3	CP	5	2015	S	S
93	158505	IFFARROUPILHA	2	CP	3	2015	N	-
94	154042	FURG	3	TP	10	2015	S	N
95	154042	FURG	3	TP	9	2015	S	N
96	154042	FURG	3	CP	8	2015	S	S
97	158676	IFRS	1	TP	1	2015	N	-
98	154047	UFPEl		RDC	2	2015	N	-
99	154042	FURG	2	TP	13	2015	S	N
100	154042	FURG	1	TP	12	2015	S	N
101	154042	FURG	3	RDC	1	2015	S	S
102	154042	FURG	3	TP	17	2015	S	N
103	154042	FURG	3	TP	16	2015	S	S
104	154042	FURG	3	RDC	2	2015	N	-
105	153164	UFSM	1	TP	4	2016	S	N
106	153164	UFSM		TP	8	2016	N	-
107	153164	UFSM		TP	5	2016	S	N
108	153164	UFSM	1	CP	3	2016	S	S
109	153164	UFSM	1	CP	2	2016	S	S
110	154042	FURG	3	RDC	3	2015	S	N
111	154042	FURG	3	RDC	1	2016	S	S
112	153164	UFSM	1	CP	7	2016	S	S
113	153164	UFSM	1	CP	5	2016	S	S
114	158517	UFFS	2	RDC	3	2016	N	-
115	153164	UFSM	1	CP	9	2016	S	S
116	153164	UFSM	1	CP	8	2016	S	S
117	154042	FURG	2	TP	4	2016	S	N
118	153164	UFSM	1	CP	15	2016	S	S
119	153164	UFSM	1	CP	14	2016	S	S
120	151964	IFRSUL	2	CP	1	2016	N	-
121	158517	UFFS	2	RDC	8	2016	N	-
122	153164	UFSM		TP	19	2016	S	N
123	154042	FURG	3	RDC	4	2016	S	S
124	158269	IFFARROUPILHA	2	CP	1	2016	N	-
125	158340	IFRSUL	3	TP	1	2016	N	-
126	153164	UFSM	1	TP	22	2016	S	N
127	153164	UFSM	2	CP	20	2016	S	S
128	158326	IFRS	3	RDC	6	2016	N	-
129	158265	IFRS	2	RDC	10	2016	N	-
130	158265	IFRS	2	RDC	8	2016	N	-
131	158676	IFRS	1	TP	2	2016	N	-
132	158327	IFRS	2	RDC	14	2016	N	-
133	153164	UFSM	1	TP	26	2016	S	N
134	153164	UFSM	1	TP	25	2016	S	N
135	153164	UFSM	1	TP	23	2016	S	N
136	153164	UFSM	1	CP	21	2016	S	S
137	154042	FURG	3	CP	3	2016	S	S
138	158141	IFRS	2	RDC	15	2016	N	-

(continua)

Tabela A.1 – Dados das licitações (continuação)

ID	UASG	SIGLA	ZB	MOD.	NUM	ANO	COMPLETO	500M ²
139	153114	UFRGS	3	TP	15	2016	N	-
140	153164	UFSM	1	CP	22	2016	N	-
141	158266	IFFARROUPILHA	1	CP	1	2016	N	-
142	154042	FURG	3	TP	7	2016	S	N
143	154042	FURG	3	TP	6	2016	S	N
144	154042	FURG	2	CP	2	2016	S	S

A Tabela 1.2 mostra os dados dos 44 projetos com área superior a quinhentos metros quadrados, os quais foram analisados na segunda etapa da caracterização dos dados obtidos. São relatados os usos dos prédios, o número de pavimentos, as áreas totais construídas e os valores do m² construído. Assinalados em verde, estão os dez projetos considerados neste trabalho.

Tabela A.2 – Dados dos projetos analisados

ID	USO PREDOMINANTE	PAV.	ÁREA (m ²)	VALOR/m ² (R\$)
1	LABORATÓRIO	3 PAV.	1.284,81	1.571,43
2	DEPÓSITO	2 PAV.	1.296,00	1.376,27
3	AULA	3 PAV.	1.960,74	1.456,34
4	AULA	3 PAV.	1.638,00	1.196,31
5	AULA	3 PAV.	2.206,84	834,55
6	AULA	2 PAV.	715,00	1.545,55
7	MORADIA	3 PAV.	903,80	1.635,44
8	MORADIA	3 PAV.	903,80	1.493,71
9	ADMINISTRATIVO	2 PAV.	2.518,50	1.258,35
10	MORADIA	3 PAV.	1.497,20	1.354,87
11	ADMINISTRATIVO	2 PAV.	564,76	943,10
12	MORADIA	3 PAV.	1.011,10	1.511,44
13	AULA	3 PAV.	5.712,00	1.240,25
14	ADMINISTRATIVO	3 PAV.	2.049,00	1.552,89
15	ADMINISTRATIVO	3 PAV.	1.945,56	1.083,23
16	RESTAURANTE	1 PAV.	586,00	661,34
17	ADMINISTRATIVO	2 PAV.	3.212,36	1.294,85
18	AULA	3 PAV.	2.540,00	1.059,02
19	LABORATÓRIO	2 PAV.	1.000,00	1.167,14
20	AULA	2 PAV.	4.046,67	464,61
21	AULA	2 PAV.	2.558,00	1.094,93
22	LABORATÓRIO	2 PAV.	1.000,00	1.359,24
23	MORADIA	3 PAV.	1.011,10	1.675,07
24	MORADIA	3 PAV.	1.244,16	1.343,54
25	AULA	3 PAV.	2.897,59	1.342,12
26	LABORATÓRIO	2 PAV.	1.270,15	1.890,04
27	LABORATÓRIO	2 PAV.	856,49	2.243,33
28	AULA	10 PAV.	10.300,00	1.556,18
29	ADMINISTRATIVO	2 PAV.	971,62	1.515,88
30	ADMINISTRATIVO	2 PAV.	637,00	1.424,71
31	LABORATÓRIO	2 PAV.	1.659,33	2.076,71
32	MORADIA	3 PAV.	1.244,16	-
33	HOSPITALAR	3 PAV.	4.507,19	-
34	HOSPITALAR	3 PAV.	1.143,68	-

(continua)

Tabela A.2 – Dados dos projetos analisados (continuação)

ID	USO PREDOMINANTE	PAV.	ÁREA (m ²)	VALOR/m ² (R\$)
35	HOSPITALAR	3 PAV.	4.507,19	-
36	LABORATÓRIO	3 PAV.	2.287,36	-
37	MORADIA	3 PAV.	2.022,20	-
38	MORADIA	3 PAV.	1.011,10	-
39	AULA	2 PAV.	2.270,00	2.604,32
40	LABORATÓRIO	2 PAV.	978,37	-
41	LABORATÓRIO	2 PAV.	4.745,20	-
42	RESTAURANTE	1 PAV.	1.181,22	-
43	LABORATÓRIO	2 PAV.	1.004,68	2.866,96
44	AULA	2 PAV.	1.185,00	2.136,86

Apêndice B – Tabelas de Cálculo da Eficiência Energética dos Projetos

Neste apêndice serão apresentadas as tabelas de cálculo da eficiência energética de cada um dos projetos analisados. Cada projeto terá um conjunto de três tabelas apresentadas: determinação do EqNumV, determinação dos limites de potência de iluminação e determinação do EqNumDPI.

Na primeira tabela, serão apresentados os dados necessários para a determinação do EqNumV, conforme segue:

- **Pav.** – O pavimento em que se encontra o ambiente;
- **Tipo** – Se o ambiente é uma área não condicionada (ANC), uma área de permanência temporária (APT) ou uma área coberta aberta (ACA);
- **Ambiente** – O nome do ambiente no projeto;
- **Área** – A área útil do ambiente, expressa em m²;
- **N.E.** – O nível de eficiência do ambiente, aferido através da simulação;
- **Eq. Num.** – O equivalente numérico do nível de eficiência, conforme o RTQ-C;
- **Eq. Pond.** – O equivalente numérico, após a ponderação da área do ambiente pela área total não condicionada do projeto.

Na segunda tabela de cada projeto, será demonstrado o cálculo das potências limite para cada nível de eficiência, de acordo como método da área do edifício. Na terceira tabela, serão demonstrados os demais dados para o cálculo do EqNumDPI, dessa forma:

- **Pav.** – O pavimento em que se encontra o ambiente;
- **Pot. Ilum.** – a potência total de iluminação instalada no ambiente;
- **Luz Natural** – se o ambiente atende ou não ao pré-requisito de aproveitamento da luz natural. Como todos os ambientes dos dez projetos atendem aos outros dois pré-requisitos específicos do sistema de iluminação, somente este foi relacionado;
- **Nível pré-requisitos** – o nível de eficiência considerando o atendimento aos pré-requisitos;
- **Nível Pot. Ilum.** – o nível de eficiência, considerando a potência total de iluminação do projeto;
- **Eq. Num.** – O equivalente numérico referente ao menor dos dois níveis de eficiência do ambiente;
- **Eq. Pond.** – a ponderação do equivalente numérico, multiplicado pela potência instalada no ambiente e dividido pela potência total do projeto.

Projeto 1

Pav.	TIPO	Ambiente	Área (m ²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	ANC	Sala de Aula 01	53,20	A	5	0,262898
1	ANC	Sala de Aula 02	53,20	A	5	0,262898
1	ANC	Sala de Aula 03	60,00	A	5	0,296501
1	ANC	Sala de Aula 04	60,00	A	5	0,296501
1	ANC	Sala de Aula 05	60,00	A	5	0,296501
1	ANC	Sala de Aula 06	60,00	A	5	0,296501
1	ANC	Sala de Aula 07	60,00	A	5	0,296501
1	ANC	Sala de Aula 08	60,00	A	5	0,296501
1	ANC	Sala de Aula 09	39,50	A	5	0,195197
1	APT	DML	6,00	A	5	
1	APT	WC Masc.	21,57	A	5	
1	APT	WC Fem.	26,60	A	5	
1	APT	Circulação	86,54	A	5	
1	APT	Escada	28,13	A	5	
2	ANC	Sala de Aula 01	53,20	B	4	0,210318
2	ANC	Sala de Aula 02	53,20	B	4	0,210318
2	ANC	Sala de Aula 03	60,00	A	5	0,296501
2	ANC	Sala de Aula 04	60,00	A	5	0,296501
2	ANC	Sala de Aula 05	60,00	A	5	0,296501
2	ANC	Sala de Aula 06	60,00	A	5	0,296501

2	ANC	Sala de Aula 07	60,00	A	5	0,296501
2	ANC	Sala de Aula 08	60,00	A	5	0,296501
2	ANC	Sala de Aula 09	39,50	A	5	0,195197
2	APT	DML	6,00	A	5	
2	APT	WC Masc.	21,57	A	5	
2	APT	WC Fem.	26,60	A	5	
2	APT	Circulação	100,74	A	5	
ÁREA TOTAL (m²)			1.335,55	EqNumV		4,89
ANC (m²)			1.011,80			A
APT (m²)			323,75			

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	14.290,39	16.427,27	18.564,15	20.701,03	>D

Pav.	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
1	Sala de Aula 01	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 02	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 03	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 04	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 05	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 06	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 07	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 08	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
1	Sala de Aula 09	320	NÃO	C	C	3	0,07079646
1	DML	100	NÃO	C	C	3	0,022123894
1	WC Masc.	120	NÃO	C	C	3	0,026548673
1	WC Fem.	120	NÃO	C	C	3	0,026548673
1	Circulação	800	NÃO	C	C	3	0,17699115
1	Escada	100	NÃO	C	C	3	0,022123894
2	Sala de Aula 01	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 02	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 03	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 04	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 05	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 06	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 07	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 08	640	NÃO	C	C	3	0,14159292
2	Sala de Aula 09	320	NÃO	C	C	3	0,07079646
2	DML	100	NÃO	C	C	3	0,022123894
2	WC Masc.	120	NÃO	C	C	3	0,026548673

2	WC Fem.	120	NÃO	C	C	3	0,026548673
2	Circulação	1100	NÃO	C	C	3	0,243362832
POT. TOTAL (W)		13.560	EqNumDPI				3,00
							C

Projeto 2

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m ²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	ANC	Sala de Aula 01	88,64	A	5	0,718360996
1	ANC	Sala de Aula 02	65,6	A	5	0,531639004
1	ANC	Sala de Aula 03	65,6	A	5	0,531639004
1	ANC	Sala de Aula 04	88,64	A	5	0,718360996
1	APT	WC Masc.	18,28	A	5	-
1	APT	WC Fem.	18,28	A	5	-
1	AT	Circ.	117,59	A	5	-
1	APT	Escada	32,4	A	5	-
2	ANC	Sala de Aula 01	88,64	B	4	0,574688797
2	ANC	Sala de Aula 02	65,6	B	4	0,425311203
2	ANC	Sala de Aula 03	65,6	B	4	0,425311203
2	ANC	Sala de Aula 04	88,64	B	4	0,574688797
2	APT	WC Masc.	18,28	A	5	-
2	APT	WC Fem.	18,28	A	5	-
2	APT	Circ.	117,59	A	5	-
ÁREA TOTAL (m²)			957,66	EqNumV		4,5
ANC (m²)			616,96			A
APT (m²)			340,70			

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	10.246,96	11.779,22	13.311,47	14.843,73	>D

Pav.	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-Requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
1	Sala de Aula 01	1.152	NÃO	C	C	3	0,270676692
1	Sala de Aula 02	960	NÃO	C	C	3	0,22556391
1	Sala de Aula 03	960	NÃO	C	C	3	0,22556391
1	Sala de Aula 04	1.152	NÃO	C	C	3	0,270676692
1	WC Masc.	280	NÃO	C	C	3	0,065789474
1	WC Fem.	280	NÃO	C	C	3	0,065789474
1	Circ.	1.344	SIM	A	C	3	0,315789474

1	Escada	512	NÃO	C	C	3	0,120300752
2	Sala de Aula 01	1.152	NÃO	C	C	3	0,270676692
2	Sala de Aula 02	960	NÃO	C	C	3	0,22556391
2	Sala de Aula 03	960	NÃO	C	C	3	0,22556391
2	Sala de Aula 04	1.152	NÃO	C	C	3	0,270676692
2	WC Masc.	280	NÃO	C	C	3	0,065789474
2	WC Fem.	280	NÃO	C	C	3	0,065789474
2	Circ.	1.344	SIM	A	C	3	0,315789474
POT. TOTAL (W)		12.768	EqNumDPI				3
							C

Projeto 3

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m ²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	APT	Circulação	100,97	A	5	
1	APT	Escada	43,94	A	5	
1	APT	WC Feminino	13,16	A	5	
1	APT	WC Masculino	13,93	A	5	
1	APT	WC PD	2,98	A	5	
1	APT	DML	3,10	A	5	
1	APT	Elevador	3,75	A	5	
1	APT	Depósito	12,20	A	5	
1	ANC	Sala de Aula 01	71,61	A	5	0,234907
1	ANC	Sala de Aula 02	65,77	A	5	0,215750
1	ANC	Sala de Aula 03	65,64	A	5	0,215323
1	ANC	Sala de Aula 04	72,16	A	5	0,236711
1	ANC	Sala de Aula 05	31,79	A	5	0,104283
1	ANC	Sala de Aula 06	31,64	A	5	0,103791
1	ANC	Auditório	177,74	A	5	0,583052
1	ANC	Diretório Acadêmico	18,65	B	4	0,048943
2	APT	Circulação	132,76	A	5	
2	APT	Escada	53,47	A	5	
2	APT	WC Feminino	13,16	A	5	
2	APT	WC Masculino	13,93	A	5	
2	APT	WC PD	2,98	A	5	
2	APT	DML	3,10	A	5	
2	APT	Elevador	3,75	A	5	
2	APT	Circulação 2	3,05	A	5	
2	ANC	Sala de Permanência Meteorologistas e Técnicos	84,51	C	3	0,166334
2	ANC	Secretaria	8,08	C	3	0,015903
2	ANC	Direção CPPMet	15,26	C	3	0,030035

2	ANC	Lab. Modelagem Numérica	37,87	B	4	0,099382
2	ANC	Lab. Qualidade do Ar e Micrometeorologia	38,04	B	4	0,099828
2	ANC	Lab. Climatologia e Agrometeorologia	40,00	B	4	0,104972
2	ANC	Lab. Dinâmica e Sinótica	37,81	B	4	0,099225
2	ANC	Lab. Instrumentos	39,57	B	4	0,103843
2	ANC	Lab. Informática	78,58	B	4	0,206217
2	ANC	Copa	25,27	B	4	0,066316
2	ANC	Oficina de Manutenção	12,30	C	3	0,024209
2	ANC	Processamento de Dados	18,82	C	3	0,037042
2	ANC	Operação do Radar	12,37	C	3	0,024347
2	ANC	Defesa Civil	18,62	C	3	0,036648
2	ANC	Sala de Previsão e Discussão do Tempo	39,90	C	3	0,078532
3	APT	Circulação	132,76	A	5	1,078718
3	APT	WC Feminino	13,26	A	5	0,107742
3	APT	WC Masculino	13,93	A	5	0,113186
3	APT	WC PD	2,98	A	5	0,024213
3	APT	DML	3,10	A	5	0,025189
3	APT	Elevador	3,75	A	5	0,030470
3	ANC	Coordenadoria Colegiados	20,23	D	2	0,026545
3	ANC	Coordenação Cursos	18,66	D	2	0,024485
3	ANC	Chefia Departamentos	31,48	D	2	0,041306
3	ANC	Secretaria	31,46	D	2	0,041280
3	ANC	Sala de Professores 1	27,37	D	2	0,032804
3	ANC	Sala de Professores 2	25,00	E	1	0,016369
3	ANC	Sala de Professores 3	24,95	D	2	0,035612
3	ANC	Sala de Professores 4	27,14	D	2	0,033014
3	ANC	Sala de Professores 5	25,16	D	2	0,041346
3	ANC	Sala Empresa Jovem	31,51	C	3	0,077686
3	ANC	Sala PET	39,47	D	2	0,035270
3	ANC	Sala da Direção	26,88	D	2	0,035270
3	ANC	Sala Reuniões 1	51,03	D	2	0,066959
3	APT	Almoxarifado	25,35	A	5	
3	ANC	Sala de Reuniões 2	18,91	D	2	0,024813
3	ANC	Sala de Reuniões 3	18,64	D	2	0,024458
3	ANC	Sala Apoio a Projetos	18,88	C	3	0,037160
3	ANC	Pós Graduandos 1	25,22	D	2	0,033092
3	ANC	Pós Graduandos 2	20,23	D	2	0,026545
ÁREA TOTAL (m²)			2.139,58			3,59
ANC (m²)			1.524,22		EqNumV	A
APT (m²)			615,36			

Projeto 4

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m ²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	ANC	Sala 121A	25,95	A	5	0,082092
1	ANC	Sala 121B	24,40	A	5	0,077188
1	ANC	Sala 122A	14,24	A	5	0,045048
1	ANC	Sala 122B	18,96	B	4	0,047983
1	ANC	Sala 123	35,85	A	5	0,113410
1	ANC	Sala 124A	19,71	B	4	0,049881
1	ANC	Sala 124B	13,25	A	5	0,041916
1	APT	Circulação 2	29,89	A	5	
1	APT	Circulação 3	7,60	A	5	
1	APT	Circulação 4	4,25	A	5	
1	APT	Circulação 5	6,00	A	5	
1	APT	Hall de Entrada	50,86	A	5	
1	APT	Circulação 1	162,45	A	5	
1	APT	WC Masc.	17,08	A	5	
1	APT	WC Fem.	15,54	A	5	
1	APT	WC Def.	2,55	A	5	
1	APT	DML	3,66	A	5	
1	APT	Copa	5,42	A	5	
1	APT	Plataforma PNE	3,07	A	5	
1	ANC	Lab. De Informática 1	72,64	A	5	0,229793
1	ANC	Sala de Aula 01	63,04	A	5	0,199424
1	ANC	Sala de Aula 02	74,48	A	5	0,235614
1	ANC	Sala de Aula 03	60,00	A	5	0,189807
1	ANC	Sala de Aula 04	60,76	A	5	0,192212
2	ANC	Sala 221A	25,95	B	4	0,065673
2	ANC	Sala 221B	24,40	B	4	0,061751
2	ANC	Sala 222A	14,24	B	4	0,036038
2	ANC	Sala 222B	18,96	C	3	0,035987
2	ANC	Sala 223	35,85	B	4	0,090728
2	ANC	Sala 224A	19,71	C	3	0,037411
2	ANC	Sala 224B	13,25	B	4	0,033533
2	APT	Circulação 2	7,60	A	5	
2	APT	Circulação 3	4,25	A	5	
2	APT	Circulação 4	6,00	A	5	
2	APT	Circulação 5	8,04	A	5	
2	APT	Circulação 1	225,40	A	5	
2	APT	WC Masc.	17,08	A	5	
2	APT	WC Fem.	15,54	A	5	
2	APT	WC Def.	2,55	A	5	
2	APT	DML	3,66	A	5	
2	APT	Almoxarifado	5,42	A	5	
2	APT	Plataforma PNE	3,07	A	5	
2	ANC	Lab. De Informática 1	72,64	B	4	0,183835
2	ANC	Sala de Aula 01	76,67	A	5	0,242542
2	ANC	Sala de Aula 02	63,04	B	4	0,159539
2	ANC	Sala de Aula 03	60,76	A	5	0,192212
2	ANC	Secretaria	23,39	B	4	0,059195

2	ANC	Coordenadoria 2	17,54	B	4	0,044390
2	ANC	Coordenadoria 1	20,35	B	4	0,051501
2	ANC	Sala dos Professores 1	15,74	B	4	0,039834
2	ANC	Sala dos Professores 2	15,07	B	4	0,038139
2	ANC	Sala dos Professores 3	19,76	B	4	0,050008
3	ANC	Sala 321A	25,95	B	4	0,065673
3	ANC	Sala 321B	24,40	C	3	0,046313
3	ANC	Sala 322A	14,24	B	4	0,036038
3	ANC	Sala 322B	18,96	C	3	0,035987
3	ANC	Sala 323	35,85	B	4	0,090728
3	ANC	Sala 324A	19,71	C	3	0,037411
3	ANC	Sala 324B	13,25	C	3	0,025149
3	APT	Circulação 2	7,60	A	5	
3	APT	Circulação 3	4,25	A	5	
3	APT	Circulação 4	6,00	A	5	
3	APT	Circulação 1	217,51	A	5	
3	APT	WC Masc.	17,08	A	5	
3	APT	WC Fem.	15,54	A	5	
3	APT	WC Def.	2,55	A	5	
3	APT	DML	3,66	A	5	
3	APT	Almoxarifado	5,42	A	5	
3	APT	Plataforma PNE	3,07	A	5	
3	ANC	Sala de Aula 01	76,67	B	4	0,194034
3	ANC	Sala de Aula 02	63,04	B	4	0,159539
3	ANC	Sala de Aula 03	72,64	B	4	0,183835
3	ANC	Sala de Aula 04	74,48	B	4	0,188491
3	ANC	Sala de Aula 05	60,00	B	4	0,151846
3	ANC	Sala de Aula 06	60,76	B	4	0,153769
ÁREA TOTAL (m²)			2.470,21			4,300000
			ANC (m²)	1.580,55	EqNumV	B
			APT (m²)	889,66		

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	26.431,25	30.383,58	34.335,92	38.288,26	>D

Pav.	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-Requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
1	Sala 121A	384	SIM	A	A	5	0,079850281
1	Sala 121B	384	SIM	A	A	5	0,079850281
1	Sala 122A	256	SIM	A	A	5	0,05323352
1	Sala 122B	192	NÃO	C	A	3	0,023955084
1	Sala 123	384	SIM	A	A	5	0,079850281
1	Sala 124A	256	SIM	A	A	5	0,05323352
1	Sala 124B	256	NÃO	C	A	3	0,031940112
1	Circulação 2	256	NÃO	C	A	3	0,031940112
1	Circulação 3	128	SIM	A	A	5	0,02661676

1	Circulação 4	64	SIM	A	A	5	0,01330838
1	Circulação 5	128	SIM	A	A	5	0,02661676
1	Hall de Entrada	45	SIM	A	A	5	0,009357455
1	Circulação 1	1.152	SIM	A	A	5	0,239550842
1	WC Masc.	192	NÃO	C	A	3	0,023955084
1	WC Fem.	128	NÃO	C	A	3	0,015970056
1	WC Def.	64	SIM	A	A	5	0,01330838
1	DML	64	SIM	A	A	5	0,01330838
1	Copa	64	SIM	A	A	5	0,01330838
1	Plataforma PNE	0	SIM	A	A	5	0
1	Lab. De Informática 1	576	SIM	A	A	5	0,119775421
1	Sala de Aula 01	576	SIM	A	A	5	0,119775421
1	Sala de Aula 02	576	NÃO	C	A	3	0,071865253
1	Sala de Aula 03	576	NÃO	C	A	3	0,071865253
1	Sala de Aula 04	576	NÃO	C	A	3	0,071865253
2	Sala 221A	384	SIM	A	A	5	0,079850281
2	Sala 221B	384	SIM	A	A	5	0,079850281
2	Sala 222A	256	SIM	A	A	5	0,05323352
2	Sala 222B	192	NÃO	C	A	3	0,023955084
2	Sala 223	384	SIM	A	A	5	0,079850281
2	Sala 224A	256	SIM	A	A	5	0,05323352
2	Sala 224B	256	NÃO	C	A	3	0,031940112
2	Circulação 2	128	SIM	A	A	5	0,02661676
2	Circulação 3	64	SIM	A	A	5	0,01330838
2	Circulação 4	128	SIM	A	A	5	0,02661676
2	Circulação 5	128	SIM	A	A	5	0,02661676
2	Circulação 1	1.792	NÃO	C	A	3	0,223580786
2	WC Masc.	192	NÃO	C	A	3	0,023955084
2	WC Fem.	128	NÃO	C	A	3	0,015970056
2	WC Def.	64	SIM	A	A	5	0,01330838
2	DML	64	SIM	A	A	5	0,01330838
2	Almoxarifado	64	SIM	A	A	5	0,01330838
2	Plataforma PNE	0	SIM	A	A	5	0
2	Lab. De Informática 1	576	SIM	A	A	5	0,119775421
2	Sala de Aula 01	576	SIM	A	A	5	0,119775421
2	Sala de Aula 02	576	SIM	A	A	5	0,119775421
2	Sala de Aula 03	576	NÃO	C	A	3	0,071865253
2	Secretaria	384	SIM	A	A	5	0,079850281
2	Coordenadoria 2	192	SIM	A	A	5	0,03992514
2	Coordenadoria 1	256	SIM	A	A	5	0,05323352
2	Sala dos Professores 1	256	SIM	A	A	5	0,05323352
2	Sala dos Professores 2	256	SIM	A	A	5	0,05323352

2	Sala dos Professores 3	256	SIM	A	A	5	0,05323352	
3	Sala 321A	384	SIM	A	A	5	0,079850281	
3	Sala 321B	384	SIM	A	A	5	0,079850281	
3	Sala 322A	256	SIM	A	A	5	0,05323352	
3	Sala 322B	192	NÃO	C	A	3	0,023955084	
3	Sala 323	384	SIM	A	A	5	0,079850281	
3	Sala 324A	256	SIM	A	A	5	0,05323352	
3	Sala 324B	256	NÃO	C	A	3	0,031940112	
3	Circulação 2	128	SIM	A	A	5	0,02661676	
3	Circulação 3	64	SIM	A	A	5	0,01330838	
3	Circulação 4	128	SIM	A	A	5	0,02661676	
3	Circulação 1	1.600	NÃO	C	A	3	0,199625702	
3	WC Masc.	192	NÃO	C	A	3	0,023955084	
3	WC Fem.	128	NÃO	C	A	3	0,015970056	
3	WC Def.	64	SIM	A	A	5	0,01330838	
3	DML	64	SIM	A	A	5	0,01330838	
3	Almoxarifado	64	SIM	A	A	5	0,01330838	
3	Plataforma PNE	0	SIM	A	A	5		
3	Sala de Aula 01	576	SIM	A	A	5	0,119775421	
3	Sala de Aula 02	576	SIM	A	A	5	0,119775421	
3	Sala de Aula 03	576	SIM	A	A	5	0,119775421	
3	Sala de Aula 04	576	NÃO	C	A	3	0,071865253	
3	Sala de Aula 05	576	NÃO	C	A	3	0,071865253	
3	Sala de Aula 06	576	NÃO	C	A	3	0,071865253	
POT. TOTAL (W)		24.045					EqNumDPI	4,17
							B	

Projeto 5

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	ANC	Sala de Aula 1	107,70	A	5	0,531117
1	ANC	Sala de Aula 2	107,70	A	5	0,531117
1	APT	Sala de Aula 3	61,50	A	5	0,303284
1	APT	Almoxarifado	92,60	A	5	
1	APT	Escada 1	16,72	A	5	
1	APT	Escada 2	17,98	A	5	
1	APT	Circulação	130,48	A	5	
1	APT	WC Masc.	14,55	A	5	
1	APT	WC Fem.	14,55	A	5	
1	APT	WC Def.	2,70	A	5	
1	ANC	DML	2,70	A	5	
2	ANC	Sala de Aula 1	107,70	A	5	0,531117
2	ANC	Sala de Aula 2	107,70	A	5	0,531117

2	ANC	Sala de Aula 3	61,50	B	4	0,242627
2	ANC	Sala de Aula 4	61,50	B	4	0,242627
2	APT	Sala dos Professores	30,10	C	3	0,089062
2	APT	Escada 1	39,53	A	5	
2	APT	Escada 2	24,80	A	5	
2	APT	Circulação	116,34	A	5	
2	APT	WC Masc.	14,55	A	5	
2	APT	WC Fem.	14,55	A	5	
2	APT	WC Def.	2,70	A	5	
2	ANC	DML	2,70	A	5	
3	ANC	Sala de Aula 1	107,70	B	4	0,424894
3	ANC	Sala de Aula 2	107,70	B	4	0,424894
3	ANC	Sala de Aula 3	61,50	B	4	0,242627
3	ANC	Sala de Aula 4	61,50	B	4	0,242627
3	APT	Sala dos Professores	30,10	D	2	0,059375
3	APT	Circulação	109,54	A	5	
3	APT	WC Masc.	14,55	A	5	
3	APT	WC Fem.	14,55	A	5	
3	APT	WC Def.	2,70	A	5	
3	APT	DML	2,70	A	5	
ÁREA TOTAL (m²)			1.665,39	EqNumV		4,40
ANC (m²)			1.013,90			B
APT (m²)			651,49			

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	17.819,67	20.484,30	23.148,92	##	>D

Pav.	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-Requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
1	Sala de Aula 1	960	NÃO	C	A	3	0,172828
1	Sala de Aula 2	960	NÃO	C	A	3	0,194009
1	Sala de Aula 3	768	NÃO	C	A	3	0,110785
1	Almoxarifado	1.152	NÃO	C	A	3	0,166808
1	Escada 1	128	SIM	A	A	5	0,050198
1	Escada 2	128	SIM	A	A	5	0,053981
1	Circulação	960	SIM	A	A	5	0,39174
1	WC Masc.	208	NÃO	C	A	3	0,02621
1	WC Fem.	208	NÃO	C	A	3	0,02621
1	WC Def.	52	SIM	A	A	5	0,008106
1	DML	52	SIM	A	A	5	0,008106
2	Sala de Aula 1	960	NÃO	C	A	3	0,194009
2	Sala de Aula 2	960	NÃO	C	A	3	0,194009
2	Sala de Aula 3	768	NÃO	C	A	3	0,110785
2	Sala de Aula 4	768	NÃO	C	A	3	0,110785
2	Sala dos Professores	384	NÃO	C	A	3	0,054222

2	Escada 1	256	SIM	A	A	5	0,118681	
2	Escada 2	128	SIM	A	A	5	0,074457	
2	Circulação	960	NÃO	C	A	3	0,209573	
2	WC Masc.	208	NÃO	C	A	3	0,02621	
2	WC Fem.	208	NÃO	C	A	3	0,02621	
2	WC Def.	52	SIM	A	A	5	0,008106	
2	DML	52	SIM	A	A	5	0,008106	
3	Sala de Aula 1	960	NÃO	C	A	3	0,194009	
3	Sala de Aula 2	960	NÃO	C	A	3	0,194009	
3	Sala de Aula 3	768	NÃO	C	A	3	0,110785	
3	Sala de Aula 4	768	NÃO	C	A	3	0,110785	
3	Sala dos Professores	384	NÃO	C	A	3	0,054222	
3	Circulação	1.024	NÃO	C	A	3	0,197323	
3	WC Masc.	208	NÃO	C	A	3	0,02621	
3	WC Fem.	208	NÃO	C	A	3	0,02621	
3	WC Def.	52	SIM	A	A	5	0,008106	
3	DML	52	SIM	A	A	5	0,008106	
Pot. Total (W)		16.664					EqNumDPI	3,27
								C

Projeto 6

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	ANC	Sala de Aula 1	73,06	B	4	0,231519
1	ANC	Sala de Aula 2	60,16	B	4	0,190641
1	ANC	Sala de Aula 3	29,84	B	4	0,094560
1	ANC	Sala de Aula 4	29,84	B	4	0,094560
1	ANC	Sala de Aula 5	29,84	B	4	0,094560
1	APT	WC Masc.	11,43	A	5	
1	APT	WC Fem.	13,63	A	5	
1	APT	WC Def.	2,89	A	5	
1	APT	DML	2,97	A	5	
1	ANC	Copa	6,21	D	2	0,009839
1	ANC	Sala dos Professores 1	18,00	D	2	0,028520
1	ANC	Sala dos Professores 2	18,00	D	2	0,028520
1	ANC	Sala dos Professores 3	18,00	D	2	0,028520
1	ANC	Sala dos Professores 4	18,00	D	2	0,028520
1	ANC	Sala de Reuniões 1	5,57	D	2	0,008825
1	ANC	Sala de Reuniões 2	5,57	D	2	0,008825
1	APT	Almoxarifado	8,96	A		0,000000
1	ANC	Coordenação 1	16,76	D	2	0,026555
1	ANC	Coordenação 2	20,52	D	2	0,032513
1	ANC	Cantina	60,23	B	4	0,190862
1	ANC	Cozinha	13,76	B	4	0,043604
1	ACA	Hall Principal	60,64	-	-	-

1	ACA	Escada 1	22,75	-	-	-
1	ACA	Recepção	8,64	-	-	-
1	ACA	Circulação NS	42,00	-	-	-
1	ACA	Circulação LO	52,86	-	-	-
1	ACA	Hall 2	31,00	-	-	-
1	ACA	Escada 2	25,38	-	-	-
2	ANC	Sala de Aula 1	73,06	B	4	0,231519
2	ANC	Sala de Aula 2	60,16	B	4	0,190641
2	ANC	Sala de Aula 3	29,84	B	4	0,094560
2	ANC	Sala de Aula 4	29,84	B	4	0,094560
2	ANC	Sala de Aula 5	29,84	B	4	0,094560
2	APT	WC Masc.	11,43	A	5	
2	APT	WC Fem.	13,63	A	5	
2	APT	WC Def.	2,89	A	5	
2	APT	DML	2,97	A	5	
2	ANC	Copa	6,21	D	2	0,009839
2	ANC	Sala dos Professores 1	18,00	D	2	0,028520
2	ANC	Sala dos Professores 2	18,00	D	2	0,028520
2	ANC	Sala dos Professores 3	18,00	D	2	0,028520
2	ANC	Sala dos Professores 4	18,00	D	2	0,028520
2	ANC	Sala de Reuniões 1	5,57	D	2	0,008825
2	ANC	Sala de Reuniões 2	5,57	D	2	0,008825
2	ANC	Recepção	7,74	D	2	0,012264
2	ANC	Almoxarifado	6,17	A	5	0,024440
2	ANC	Secretaria 1	9,00	D	2	0,014260
2	ANC	Secretaria 2	10,56	D	2	0,016732
2	ANC	Coordenação 1	12,55	D	2	0,019885
2	ANC	Coordenação 2	12,55	D	2	0,019885
2	ANC	Administração	26,31	D	2	0,041687
2	ANC	Sala dos Professores 5	25,35	D	2	0,040166
2	ANC	Auditório	104,50	C	3	0,248362
2	ACA	Escada 1	24,82	-	-	-
2	ACA	Circulação 1	36,97	-	-	-
2	ACA	Circulação NS	42,00	-	-	-
2	ACA	Circulação LO	52,86	-	-	-
2	ACA	Hall 2	31,00	-	-	-
2	ACA	Escada 2	25,38	-	-	-
3	ANC	Sala de Aula 1	73,06	B	4	0,231519
3	ANC	Sala de Aula 2	60,16	B	4	0,190641
3	ANC	Sala de Aula 3	29,84	B	4	0,094560
3	ANC	Sala de Aula 4	29,84	B	4	0,094560
3	ANC	Sala de Aula 5	29,84	B	4	0,094560
3	APT	WC Masc.	11,43	A	5	
3	APT	WC Fem.	13,63	A	5	
3	APT	WC Def.	2,89	A	5	
3	APT	DML	2,97	A	5	
3	ANC	Copa	6,21	D	2	0,009839
3	ANC	Sala dos Professores 1	18,00	D	2	0,028520
3	ANC	Sala dos Professores 2	18,00	E	1	0,014260
3	ANC	Sala dos Professores 3	18,00	E	1	0,014260
3	ANC	Sala dos Professores 4	18,00	E	1	0,014260
3	ANC	Sala de Reuniões 1	5,57	D	2	0,008825

3	ANC	Sala de Reuniões 2	5,57	D	2	0,008825
3	ACA	Circulação NS	57,84		-	-
3	ACA	Circulação LO	52,86		-	-
3	ACA	Hall 2	31,00		-	-
ÁREA TOTAL			1.961,99			3,23
ANC (m²)			1.262,27	EqNumV		
APT (m²)			101,72			
ACA (m²)			598,00			
						C

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	20.993,29	24.132,48	27.271,66	30.410,85	>D

Pav.	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
1	Sala de Aula 1	576	NÃO	C	A	3	0,103996
1	Sala de Aula 2	384	NÃO	C	A	3	0,069331
1	Sala de Aula 3	256	SIM	A	A	5	0,077034
1	Sala de Aula 4	256	SIM	A	A	5	0,077034
1	Sala de Aula 5	256	SIM	A	A	5	0,077034
1	WC Masc.	128	NÃO	C	A	3	0,023110
1	WC Fem.	128	NÃO	C	A	3	0,023110
1	WC Def.	64	SIM	A	A	5	0,019259
1	DML	64	SIM	A	A	5	0,019259
1	Copa	128	SIM	A	A	5	0,038517
1	Sala dos Professores 1	192	SIM	A	A	5	0,057776
1	Sala dos Professores 2	192	SIM	A	A	5	0,057776
1	Sala dos Professores 3	192	SIM	A	A	5	0,057776
1	Sala dos Professores 4	192	SIM	A	A	5	0,057776
1	Sala de Reuniões 1	64	SIM	A	A	5	0,019259
1	Sala de Reuniões 2	64	SIM	A	A	5	0,019259
1	Almoxarifado	64	SIM	A	A	5	0,019259
1	Coordenação 1	192	SIM	A	A	5	0,057776
1	Coordenação 2	192	SIM	A	A	5	0,057776
1	Cantina	512	NÃO	C	A	3	0,092441
1	Cozinha	256	SIM	A	A	5	0,077034
1	Hall Principal	584	SIM	A	A	5	0,175734
1	Escada 1	128	SIM	A	A	5	0,038517
1	Recepção	128	SIM	A	A	5	0,038517
1	Circulação NS	256	SIM	A	A	5	0,077034
1	Circulação LO	224	SIM	A	A	5	0,067405
1	Hall 2	256	SIM	A	A	5	0,077034
1	Escada 2	128	SIM	A	A	5	0,038517
2	Sala de Aula 1	576	NÃO	C	A	3	0,103996
2	Sala de Aula 2	384	NÃO	C	A	3	0,069331
2	Sala de Aula 3	256	SIM	A	A	5	0,077034
2	Sala de Aula 4	256	SIM	A	A	5	0,077034
2	Sala de Aula 5	256	SIM	A	A	5	0,077034

2	WC Masc.	128	NÃO	C	A	3	0,023110
2	WC Fem.	128	NÃO	C	A	3	0,023110
2	WC Def.	64	SIM	A	A	5	0,019259
2	DML	64	SIM	A	A	5	0,019259
2	Copa	128	SIM	A	A	5	0,038517
2	Sala dos Professores 1	192	SIM	A	A	5	0,057776
2	Sala dos Professores 2	192	SIM	A	A	5	0,057776
2	Sala dos Professores 3	192	SIM	A	A	5	0,057776
2	Sala dos Professores 4	192	SIM	A	A	5	0,057776
2	Sala de Reuniões 1	64	SIM	A	A	5	0,019259
2	Sala de Reuniões 2	64	SIM	A	A	5	0,019259
2	Recepção	128	NÃO	C	A	3	0,023110
2	Almoxarifado	64	SIM	A	A	5	0,019259
2	Secretaria 1	128	SIM	A	A	5	0,038517
2	Secretaria 2	128	SIM	A	A	5	0,038517
2	Coordenação 1	128	SIM	A	A	5	0,038517
2	Coordenação 2	128	SIM	A	A	5	0,038517
2	Administração	384	SIM	A	A	5	0,115551
2	Sala dos Professores 5	384	SIM	A	A	5	0,115551
2	Auditório	576	SIM	A	A	5	0,173327
2	Escada 1	128	SIM	A	A	5	0,038517
2	Circulação 1	448	SIM	A	A	5	0,134810
2	Circulação NS	224	SIM	A	A	5	0,067405
2	Circulação LO	224	SIM	A	A	5	0,067405
2	Hall 2	256	SIM	A	A	5	0,077034
2	Escada 2	128	SIM	A	A	5	0,038517
3	Sala de Aula 1	576	NÃO	C	A	3	0,103996
3	Sala de Aula 2	384	NÃO	C	A	3	0,069331
3	Sala de Aula 3	256	SIM	A	A	5	0,077034
3	Sala de Aula 4	256	SIM	A	A	5	0,077034
3	Sala de Aula 5	256	SIM	A	A	5	0,077034
3	WC Masc.	128	NÃO	C	A	3	0,023110
3	WC Fem.	128	NÃO	C	A	3	0,023110
3	WC Def.	64	SIM	A	A	5	0,019259
3	DML	64	SIM	A	A	5	0,019259
3	Copa	128	SIM	A	A	5	0,038517
3	Sala dos Professores 1	192	SIM	A	A	5	0,057776
3	Sala dos Professores 2	192	SIM	A	A	5	0,057776
3	Sala dos Professores 3	192	SIM	A	A	5	0,057776
3	Sala dos Professores 4	192	SIM	A	A	5	0,057776
3	Sala de Reuniões 1	64	SIM	A	A	5	0,019259
3	Sala de Reuniões 2	64	SIM	A	A	5	0,019259
3	Circulação NS	352	SIM	A	A	5	0,105922
3	Circulação LO	224	SIM	A	A	5	0,067405
3	Hall 2	256	SIM	A	A	5	0,077034
POT. TOTAL (W)		16.616					4,48
			EqNumDPI				B

Projeto 7

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m ²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	APT	Circulação	101,22	A	5	
1	APT	Escada	42,00	A	5	
1	APT	WC Masc.	8,20	A	5	
1	APT	WC Fem.	11,69	A	5	
1	APT	WC Def.	2,55	A	5	
1	APT	DML	3,21	A	5	
1	ANC	Financeiro	32,65	B	4	0,132098
1	ANC	Pedagogo	13,05	C	3	0,039599
1	ANC	Secretaria	52,20	B	4	0,211195
1	ANC	Gabinetes	32,43	C	3	0,098406
1	ANC	Sala de Aula 01	96,30	A	5	0,487023
1	ANC	Sala de Aula 02	66,37	A	5	0,335656
2	APT	Circulação	80,61	A	5	
2	APT	Escada	42,00	A	5	
2	APT	WC Masc.	8,20	A	5	
2	APT	WC Fem.	11,69	A	5	
2	APT	WC Def.	2,55	A	5	
2	APT	DML	3,21	A	5	
2	ANC	Sala de Aula 03	96,30	A	5	0,487023
2	ANC	Sala de Aula 04	32,65	A	5	0,165122
2	ANC	Sala de Aula 05	32,65	A	5	0,165122
2	ANC	Sala de Aula 06	32,65	A	5	0,165122
2	ANC	Sala de Aula 07	32,65	A	5	0,165122
2	ANC	Sala de Aula 08	32,65	A	5	0,165122
2	ANC	Sala de Aula 09	32,65	A	5	0,165122
2	ANC	Sala de Aula 10	32,65	A	5	0,165122
3	APT	Circulação	42,78	A	5	
3	APT	WC Masc.	8,20	A	5	
3	APT	WC Fem.	11,69	A	5	
3	APT	WC Def.	2,55	A	5	
3	ANC	COPA	3,21	A	5	0,016234
3	ANC	Sala de Exposições	238,07	A	5	1,204003
3	ANC	Sala de Aula 11	66,37	A	5	0,335656
3	ANC	Sala de Aula 12	66,37	B	4	0,268525
ÁREA TOTAL (m²)			1.374,22	EqNumV		4,77
ANC (m²)			988,66			A
APT (m²)			385,56			

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	14.704,15	16.902,91	19.101,66	21.300,41	>D

Pav.	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.	
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos				
1	Circulação	448	NÃO	C	A	3	0,144454	
1	Escada	128	SIM	A	A	5	0,068788	
1	WC Masc.	52	SIM	A	A	5	0,027945	
1	WC Fem.	104	NÃO	C	A	3	0,033534	
1	WC Def.	52	SIM	A	A	5	0,027945	
1	DML	52	SIM	A	A	5	0,027945	
1	Financeiro	128	NÃO	C	A	3	0,041273	
1	Pedagogo	64	SIM	A	A	5	0,034394	
1	Secretaria	192	NÃO	C	A	3	0,061909	
1	Gabinetes	128	NÃO	C	A	3	0,041273	
1	Sala de Aula 01	832	NÃO	C	A	3	0,268272	
1	Sala de Aula 02	384	NÃO	C	A	3	0,123818	
2	Circulação	384	NÃO	C	A	3	0,123818	
2	Escada	128	SIM	A	A	5	0,068788	
2	WC Masc.	52	SIM	A	A	5	0,027945	
2	WC Fem.	104	NÃO	C	A	3	0,033534	
2	WC Def.	52	SIM	A	A	5	0,027945	
2	DML	52	SIM	A	A	5	0,027945	
2	Sala de Aula 03	832	NÃO	C	A	3	0,268272	
2	Sala de Aula 04	384	SIM	A	A	5	0,206363	
2	Sala de Aula 05	384	SIM	A	A	5	0,206363	
2	Sala de Aula 06	384	SIM	A	A	5	0,206363	
2	Sala de Aula 07	384	SIM	A	A	5	0,206363	
2	Sala de Aula 08	384	SIM	A	A	5	0,206363	
2	Sala de Aula 09	384	SIM	A	A	5	0,206363	
2	Sala de Aula 10	384	SIM	A	A	5	0,206363	
3	Circulação	384	NÃO	C	A	3	0,123818	
3	WC Masc.	52	SIM	A	A	5	0,027945	
3	WC Fem.	104	NÃO	C	A	3	0,033534	
3	WC Def.	52	SIM	A	A	5	0,027945	
3	COPA	64	SIM	A	A	5	0,034394	
3	Sala de Exposições	1.024	NÃO	C	A	3	0,330181	
3	Sala de Aula 11	384	NÃO	C	A	3	0,123818	
3	Sala de Aula 12	384	NÃO	C	A	3	0,123818	
POT. TOTAL (W)		9.304					EqNumDPI	3,75
								B

Projeto 8

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m ²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
A1	ANC	Sala de Aula 1	65,80	A	5	0,260178
A1	ANC	Sala de Aula 2	66,00	A	5	0,260969
A1	ANC	Sala de Aula 3	65,80	A	5	0,260178

A1	APT	Circulação	101,58	A	5	
A1	APT	Escada	14,80	A	5	
A1	APT	WC Def. 1	2,55	A	5	
A1	APT	WC Def. 2	2,55	A	5	
A1	APT	WC Masc.	7,45	A	5	
A1	APT	WC Fem.	8,45	A	5	
A1	APT	DML	2,40	A	5	
A2	ANC	Sala de Aula 1	65,80	A	5	0,260178
A2	ANC	Sala de Aula 2	66,00	A	5	0,260969
A2	ANC	Sala de Aula 3	65,80	A	5	0,260178
A2	ANC	Circulação	83,09	A	5	0,328544
A2	APT	Escada	36,00	A	5	
A2	APT	WC Def. 1	2,55	A	5	
A2	APT	WC Def. 2	2,55	A	5	
A2	APT	WC Masc.	7,45	A	5	
A2	APT	WC Fem.	8,45	A	5	
A2	APT	DML	2,40	A	5	
A3	ANC	Administrativo 1	44,31	C	3	0,105123
A3	ANC	Administrativo 2	44,31	C	3	0,105123
A3	APT	Depósito 1	4,41	A	5	
A3	APT	Depósito 2	4,41	A	5	
A3	ANC	Sala dos Professores 1	12,96	C	3	0,030747
A3	ANC	Sala dos Professores 2	13,17	C	3	0,031245
A3	ANC	Sala dos Professores 3	13,17	C	3	0,031245
A3	ANC	Sala dos Professores 4	13,17	C	3	0,031245
A3	ANC	Sala dos Professores 5	13,17	C	3	0,031245
A3	ANC	Sala dos Professores 6	13,17	C	3	0,031245
A3	ANC	Sala dos Professores 7	13,17	C	3	0,031245
A4	ANC	Sala dos Professores 8	12,96	C	3	0,030747
A3	APT	Circulação	83,09	A	5	
A3	APT	Escada	36,00	A	5	
A3	APT	WC Def. 1	2,55	A	5	
A3	APT	WC Def. 2	2,55	A	5	
A3	APT	WC Masc.	7,45	A	5	
A3	APT	WC Fem.	8,45	A	5	
A3	APT	DML	2,40	A	5	
B1	ANC	Sala de Aula 1	65,80	A	5	0,260178
B1	ANC	Sala de Aula 2	66,00	A	5	0,260969
B1	ANC	Sala de Aula 3	65,80	A	5	0,260178
B1	APT	Circulação	101,58	A	5	
B1	APT	Escada	14,80	A	5	
B1	APT	WC Def. 1	2,55	A	5	
B1	APT	WC Def. 2	2,55	A	5	
B1	APT	WC Masc.	7,45	A	5	
B1	APT	WC Fem.	8,45	A	5	
B1	APT	DML	2,40	A	5	
B2	ANC	Sala de Aula 1	65,80	A	5	0,260178
B2	ANC	Sala de Aula 2	66,00	A	5	0,260969
B2	ANC	Sala de Aula 3	65,80	A	5	0,260178

B2	APT	Circulação	83,09	A	5	
B2	APT	Escada	36,00	A	5	
B2	APT	WC Def. 1	2,55	A	5	
B2	APT	WC Def. 2	2,55	A	5	
B2	APT	WC Masc.	7,45	A	5	
B2	APT	WC Fem.	8,45	A	5	
B2	APT	DML	2,40	A	5	
B3	ANC	Administrativo 1	44,31	C	3	0,105123
B3	ANC	Administrativo 2	44,31	C	3	0,105123
B3	APT	Depósito 1	4,41	A	5	
B3	APT	Depósito 2	4,41	A	5	
B3	ANC	Sala dos Professores 1	12,96	C	3	0,030747
B3	ANC	Sala dos Professores 2	13,17	C	3	0,031245
B3	ANC	Sala dos Professores 3	13,17	C	3	0,031245
B3	ANC	Sala dos Professores 4	13,17	C	3	0,031245
B3	ANC	Sala dos Professores 5	13,17	C	3	0,031245
B3	ANC	Sala dos Professores 6	13,17	C	3	0,031245
B3	ANC	Sala dos Professores 7	13,17	C	3	0,031245
B3	ANC	Sala dos Professores 8	12,96	C	3	0,030747
B3	APT	Circulação	83,09	A	5	
B3	APT	WC Def. 1	2,55	A	5	
B3	APT	WC Def. 2	2,55	A	5	
B3	APT	WC Masc.	7,45	A	5	
B3	APT	WC Fem.	8,45	A	5	
B3	APT	DML	2,40	A	5	
C1	ANC	Cantina	75,50	C	3	0,179119
C1	ANC	Copa	11,50	C	3	0,027283
C1	APT	WC	2,55	A	5	
ÁREA TOTAL (m²)			2.098,23	EqNumV		4,58
ANC (m²)			1.264,52			A
APT (m²)			833,71			

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	22.451,06	25.808,23	29.165,40	32.522,57	>D

Pav	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
A1	Sala de Aula 1	576	NÃO	C	A	3	0,084548
A1	Sala de Aula 2	576	NÃO	C	A	3	0,084548
A1	Sala de Aula 3	576	NÃO	C	A	3	0,084548
A1	Circulação	896	NÃO	C	A	3	0,131520
A1	Escada	128	NÃO	C	A	3	0,018789
A1	WC Def. 1	28	SIM	A	A	5	0,006850
A1	WC Def. 2	28	SIM	A	A	5	0,006850
A1	WC Masc.	56	NÃO	C	A	3	0,008220

A1	WC Fem.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
A1	DML	28	SIM	A	A	5	0,006850
A2	Sala de Aula 1	576	NÃO	C	A	3	0,084548
A2	Sala de Aula 2	576	NÃO	C	A	3	0,084548
A2	Sala de Aula 3	576	NÃO	C	A	3	0,084548
A2	Circulação	768	NÃO	C	A	3	0,112731
A2	Escada	256	NÃO	C	A	3	0,037577
A2	WC Def. 1	28	SIM	A	A	5	0,006850
A2	WC Def. 2	28	SIM	A	A	5	0,006850
A2	WC Masc.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
A2	WC Fem.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
A2	DML	28	SIM	A	A	5	0,006850
A3	Administrativo 1	384	SIM	A	A	5	0,093943
A3	Administrativo 2	384	SIM	A	A	5	0,093943
A3	Depósito 1	64	SIM	A	A	5	0,015657
A3	Depósito 2	64	SIM	A	A	5	0,015657
A3	Sala dos Professores 1	256	SIM	A	A	5	0,062628
A3	Sala dos Professores 2	256	SIM	A	A	5	0,062628
A3	Sala dos Professores 3	256	SIM	A	A	5	0,062628
A3	Sala dos Professores 4	256	SIM	A	A	5	0,062628
A3	Sala dos Professores 5	256	SIM	A	A	5	0,062628
A3	Sala dos Professores 6	256	SIM	A	A	5	0,062628
A3	Sala dos Professores 7	256	SIM	A	A	5	0,062628
A4	Sala dos Professores 8	256	SIM	A	A	5	0,062628
A3	Circulação	704	NÃO	C	A	3	0,103337
A3	Escada	128	NÃO	C	A	3	0,018789
A3	WC Def. 1	28	SIM	A	A	5	0,006850
A3	WC Def. 2	28	SIM	A	A	5	0,006850
A3	WC Masc.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
A3	WC Fem.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
A3	DML	28	SIM	A	A	5	0,006850
B1	Sala de Aula 1	576	NÃO	C	A	3	0,084548
B1	Sala de Aula 2	576	NÃO	C	A	3	0,084548
B1	Sala de Aula 3	576	NÃO	C	A	3	0,084548
B1	Circulação	896	NÃO	C	A	3	0,131520
B1	Escada	128	NÃO	C	A	3	0,018789
B1	WC Def. 1	28	SIM	A	A	5	0,006850
B1	WC Def. 2	28	SIM	A	A	5	0,006850
B1	WC Masc.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
B1	WC Fem.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
B1	DML	28	SIM	A	A	5	0,006850
B2	Sala de Aula 1	576	NÃO	C	A	3	0,084548
B2	Sala de Aula 2	576	NÃO	C	A	3	0,084548
B2	Sala de Aula 3	576	NÃO	C	A	3	0,084548
B2	Circulação	768	NÃO	C	A	3	0,112731
B2	Escada	256	NÃO	C	A	3	0,037577
B2	WC Def. 1	28	SIM	A	A	5	0,006850
B2	WC Def. 2	28	SIM	A	A	5	0,006850
B2	WC Masc.	56	NÃO	C	A	3	0,008220

B2	WC Fem.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
B2	DML	28	SIM	A	A	5	0,006850
B3	Administrativo 1	384	SIM	A	A	5	0,093943
B3	Administrativo 2	384	SIM	A	A	5	0,093943
B3	Depósito 1	64	SIM	A	A	5	0,015657
B3	Depósito 2	64	SIM	A	A	5	0,015657
B3	Sala dos Professores 1	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Sala dos Professores 2	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Sala dos Professores 3	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Sala dos Professores 4	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Sala dos Professores 5	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Sala dos Professores 6	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Sala dos Professores 7	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Sala dos Professores 8	256	SIM	A	A	5	0,062628
B3	Circulação	704	NÃO	C	A	3	0,103337
B3	WC Def. 1	28	SIM	A	A	5	0,006850
B3	WC Def. 2	28	SIM	A	A	5	0,006850
B3	WC Masc.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
B3	WC Fem.	56	NÃO	C	A	3	0,008220
B3	DML	28	SIM	A	A	5	0,006850
C1	Cantina	624	NÃO	C	A	3	0,091594
C1	Copa	154	SIM	A	A	5	0,037675
C1	WC	52	SIM	A	A	5	0,012721
POT. TOTAL (W)		20.438,00	EqNumDPI				3,645660
							B

Projeto 9

Pav.	Tipo	Ambiente	Área (m ²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.
1	ANC	Sala de Aula 1	40,14	B	4	0,343128
1	ANC	Sala Administrativa 1	40,56	C	3	0,260039
1	ANC	Sala de Reuniões	28,83	D	2	0,123224
1	ANC	Sala de Aula 2	40,34	C	3	0,258628
1	APT	Escada	18,41	A	5	
1	APT	Circulação	24,67	A	5	
1	APT	Hall	38,96	A	5	
1	ANC	Oficina	148,23	D	2	0,633556
1	APT	WC 1	2,30	A	5	
1	APT	WC 2	2,72	A	5	
1	APT	DML	2,72	A	5	
1	ACA	Depósito	196,25	-	-	-
1	ACA	Câmara Acústica	102,59	-	-	-
2	ANC	Lab. De Informática	60,11	C	3	0,385378
2	ANC	Sala Administrativa 1	40,55	D	2	0,173317
2	ANC	Sala Administrativa 2 (Reuniões)	28,83	D	2	0,123224

2	ANC	Sala Administrativa 3	40,34	B	4	0,344838
2	APT	Circulação	43,46	A	5	
2	APT	WC 1	2,30	A	5	
2	APT	WC 2	2,72	A	5	
2	APT	Copa	2,72	A	5	
ÁREA TOTAL (m²)			907,75	EqNumV		2,645332
ANC (m²)			467,93			
APT (m²)			140,98			
ACA (m²)			298,84			C

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	9.712,93	11.165,33	12.617,73	14.070,13	>D

Pav.	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
1	Sala de Aula 1	384	SIM	A	B	4	0,176877
1	Sala Administrativa 1	512	SIM	A	B	4	0,178728
1	Sala de Reuniões	384	SIM	A	B	4	0,127039
1	Sala de Aula 2	512	SIM	A	B	4	0,177758
1	Escada	64	SIM	A	B	4	0,081124
1	Circulação	512	NÃO	C	B	3	0,081531
1	Hall	512	NÃO	C	B	3	0,128758
1	Oficina	2.000	NÃO	C	B	3	0,489882
1	WC 1	32	SIM	A	B	4	0,010135
1	WC 2	32	SIM	A	B	4	0,011986
1	DML	64	SIM	A	B	4	0,011986
1	Depósito	2.000	NÃO	C	B	3	0,648582
1	Câmara Acústica	1.496	NÃO	C	B	3	0,339047
2	Lab. De Informática	320	SIM	A	B	4	0,264875
2	Sala Administrativa 1	512	SIM	A	B	4	0,178684
2	Sala Administrativa 2 (Reuniões)	384	SIM	A	B	4	0,127039
2	Sala Administrativa 3	512	SIM	A	B	4	0,177758
2	Circulação	384	SIM	A	B	4	0,191506
2	WC 1	32	SIM	A	B	4	0,010135
2	WC 2	32	SIM	A	B	4	0,011986
2	Copa	64	SIM	A	B	4	0,011986
POT. TOTAL (W)		10.744	EqNumDPI			3,437400	C

Projeto 10

Pav.	TIPO	Ambiente	Área (m²)	Simulação Computacional		
				N.E.	Eq. Num.	Eq. Pond.

1S	APT	Circulação Sul	172,97	A	5	0,657516
1S	APT	WC Masc. Sul	7,01	A	5	0,026647
1S	APT	WC Fem. Sul	7,01	A	5	0,026647
1S	APT	WC PNE Fem. Sul	2,55	A	5	0,009693
1S	APT	WC PNE Masc. Sul	2,55	A	5	0,009693
1S	ANC	Supervisão 2	8,40	C	3	0,019159
1S	ANC	Imitanciômetro	6,72	B	4	0,020436
1S	ANC	Supervisão 1	6,57	C	3	0,014985
1S	ANC	Cabine 1	7,35	C	3	0,016764
1S	ANC	Observação 1	5,64	A	5	0,021439
1S	ANC	Cabine 2	7,22	C	3	0,016467
1S	ANC	Gabinete 1	10,62	B	4	0,032296
1S	ANC	Campo livre 1	11,30	B	4	0,034364
1S	ANC	Equilíbrio 1	28,89	D	2	0,043928
1S	ANC	Equilíbrio 2	28,50	C	3	0,065003
1S	ANC	VRA-Observação	5,56	A	5	0,021135
1S	ANC	VRA-Cabine	4,50	C	3	0,010264
1S	ANC	Otoemissões Acústicas	10,50	B	4	0,031931
1S	ANC	Observação 2	3,89	A	5	0,014787
1S	ANC	Eletrofisiologia	10,29	A	5	0,039116
1S	ANC	Cabine 3	6,57	B	4	0,019980
1S	ANC	Cabine 4	6,57	B	4	0,019980
1S	ANC	Cabine 7	8,34	B	4	0,025362
1S	ANC	Cabine 6	12,60	B	4	0,038317
1S	ANC	Programação Prótese 3	8,61	C	3	0,019638
1S	ANC	Programação Prótese 2	4,88	C	3	0,011130
1S	ANC	Programação Prótese 1	7,56	C	3	0,017243
1S	ANC	Laboratório de Voz	18,24	C	3	0,041602
1S	ANC	Gravação	4,80	C	3	0,010948
1S	ANC	Consultório Otorrinolaringologia	7,70	C	3	0,017562
1S	ANC	Análise de Dados	9,13	D	2	0,013882
1S	ANC	MO/eletromiografia+gabinete	16,39	C	3	0,037382
1S	ANC	Gabinete 3	11,76	C	3	0,026822
1S	ANC	Gabinete 2	10,80	C	3	0,024633
1S	ANC	Molde prótese	6,30	C	3	0,014369
1S	ANC	Banco de Dados Prótese	6,30	B	4	0,019159
1S	APT	Arquivo Prótese	10,89	A	5	0,041396
1S	ANC	Secretaria Prótese	8,38	C	3	0,019113
1C	ANC	Recepção/Espera	70,98	D	2	0,107927
1C	APT	Circulação / Secretaria	136,94	A	5	
1C	APT	Escada	32,14	A	5	
1C	APT	DML	5,60	A	5	
1C	APT	Elevador	2,62	A	5	
1C	ANC	Consulta/Triagem	18,04	C	3	0,041146

1C	APT	Arquivo SAF	21,88	A	5	0,083173
1C	APT	Sanitário PNE Fem.	2,70	A	5	
1C	APT	Chuveiro/Vestiário PNE Fem.	4,86	A	5	
1C	APT	Sanitários Fem.	4,71	A	5	
1C	APT	Sanitário Fem. Ext.	2,43	A	5	
1C	APT	Sanitário Masc. Ext.	3,60	A	5	
1C	APT	Sanitários Masc.	5,83	A	5	
1C	APT	Chuveiro/Vestiário PNE Masc.	4,86	A	5	
1C	APT	Sanitário PNE Masc.	2,70	A	5	
1C	ANC	Auditório	114,75	B	4	0,348962
1C	APT	Foyer	22,59	A	5	0,085872
1C	ANC	DAFON	13,42	A	5	
1C	ANC	Lancheria	9,75	B	4	0,029650
1N	APT	Circulação Norte	174,04	A	5	
1N	ANC	Brinquedoteca	8,40	C	3	0,019159
1N	APT	Expurgo	4,20	A	5	0,015966
1N	ANC	Cabine 9	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Cabine 10	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Cabine 11	9,44	B	4	0,028708
1N	ANC	Cabine 12	13,70	B	4	0,041663
1N	ANC	Consultório Psicologia	10,44	B	4	0,031749
1N	ANC	Terapia em Grupo 2	13,86	C	3	0,031612
1N	ANC	Supervisão 2	6,63	C	3	0,015122
1N	ANC	Supervisão 1	6,60	B	4	0,020071
1N	ANC	Cabine 16	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Cabine 15	9,44	B	4	0,028708
1N	ANC	Cabine 14	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Monitoramento	8,92	C	3	0,020345
1N	ANC	Cabine 13	8,00	B	4	0,024328
1N	APT	Sanit. Masc. Norte	7,01	A	5	
1N	APT	Sanit. PNE Masc. Norte	2,55	A	5	
1N	APT	Sanit. PNE Fem. Norte	2,55	A	5	
1N	APT	Sanit. Fem. Norte	7,01	A	5	
1N	ANC	Cozinha acessível	9,13	B	4	0,027765
1N	ANC	Cabine 8	8,00	B	4	0,024328
1N	ANC	Cabine 7	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Cabine 6	10,03	B	4	0,030502
1N	ANC	Cabine 5	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Cabine 4	8,70	C	3	0,019843
1N	ANC	Terapia em Grupo 1	17,22	C	3	0,039275
1N	APT	Guarda de Materiais	6,77	A	5	
1N	APT	Equipamentos de fala	13,69	A	5	
1N	ANC	Observação 1	4,72	A	5	0,017942
1N	ANC	Cabine 1	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Cabine 2	7,37	B	4	0,022413

1N	ANC	Cabine 3	9,73	B	4	0,029590
1N	ANC	Observação 2	4,72	A	5	0,017942
2C	APT	Mezanino/Circulação	97,07	A	5	
2C	ANC	Sala de reunião de Professores	21,88	B	4	0,066538
2C	ANC	Sala de Professores	18,79	B	4	0,057142
2C	APT	Sanitário PNE prof.	2,70	A	5	
2C	APT	Banheiro/Vestiário Prof.	4,86	A	5	
2C	ANC	Secretaria/Coordenação 3	26,75	C	3	0,061011
2C	ANC	Secretaria/Coordenação 2	21,46	C	3	0,048946
2C	ANC	Secretaria/Coordenação 1	29,47	C	3	0,067215
2C	APT	Elevador	2,62	A	5	
2N	APT	Circulação Norte	136,21	A	5	
2N	ANC	Sala de Aula 1	86,44	B	4	0,262869
2N	ANC	Sala de Aula 2	73,50	B	4	0,223518
2N	ANC	Sala de Aula 3	68,67	B	4	0,208830
2N	ANC	Copa funcionários	7,02	B	4	0,021348
2N	APT	DML	1,70	A	5	0,006462
2N	APT	Sanitário PNE Fem.	2,55	A	5	
2N	APT	Sanitário PNE Masc.	2,55	A	5	
2N	APT	Sanitário Fem.	2,04	A	5	
2N	APT	Sanitário Masc.	3,36	A	5	
2N	ANC	Gabinete 1	20,58	B	4	0,062585
2N	ANC	Gabinete 2	14,07	C	3	0,032091
2N	ANC	Gabinete 3	14,28	C	3	0,032570
2N	ANC	Sala de estudos Graduação	32,13	B	4	0,097709
2N	ANC	Sala de Aula 4	42,60	B	4	0,129549
2N	ANC	Gabinete 4	14,19	B	4	0,043153
2N	ANC	Gabinete 5	14,07	C	3	0,032091
2N	ANC	Sala de estudos Pós-graduação	19,00	B	4	0,057780
2N	ANC	Gabinete 6	9,45	B	4	0,028738
ÁREA TOTAL (m²)			2.245,25	EqNumV		3,54
ANC (m²)			1.315,33			B
APT (m²)			929,92			

AVALIAÇÃO DPI					
Nível	A	B	C	D	E
Pot. (W)	24.024,18	27.616,58	31.208,98	34.801,38	>D

Pav	Ambiente	Potência Ilum. (W)	Pré-requisitos		Nível Pot. Ilum.	Eq. Num.	Eq. Pond.
			Luz Natural	Nível Pré-requisitos			
1S	Circulação Sul	480	NÃO	C	B	3	0,058944

1S	WC Masc. Sul	64	SIM	A	B	4	0,010479
1S	WC Fem. Sul	64	SIM	A	B	4	0,010479
1S	WC PNE Fem. Sul	32	SIM	A	B	4	0,005239
1S	WC PNE Masc. Sul	32	SIM	A	B	4	0,005239
1S	Supervisão 2	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Imitancímetro	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Supervisão 1	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Cabine 1	124	SIM	A	B	4	0,020303
1S	Observação 1	64	SIM	A	B	4	0,010479
1S	Cabine 2	124	SIM	A	B	4	0,020303
1S	Gabinete 1	256	SIM	A	B	4	0,041916
1S	Campo livre 1	188	SIM	A	B	4	0,030782
1S	Equilíbrio 1	384	NÃO	C	B	3	0,047155
1S	Equilíbrio 2	512	NÃO	C	B	3	0,062874
1S	VRA-Observação	64	SIM	A	B	4	0,010479
1S	VRA-Cabine	64	SIM	A	B	4	0,010479
1S	Otoemissões Acústicas	256	SIM	A	B	4	0,041916
1S	Observação 2	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Eletrofisiologia	124	SIM	A	B	4	0,020303
1S	Cabine 3	124	SIM	A	B	4	0,020303
1S	Cabine 4	124	SIM	A	B	4	0,020303
1S	Cabine 7	124	SIM	A	B	4	0,020303
1S	Cabine 6	124	SIM	A	B	4	0,020303
1S	Programação Prótese 3	192	SIM	A	B	4	0,031437
1S	Programação Prótese 2	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Programação Prótese 1	192	SIM	A	B	4	0,031437
1S	Laboratório de Voz	384	SIM	A	B	4	0,062874
1S	Gravação	64	SIM	A	B	4	0,010479
1S	Consultório Otorrinolaringologia	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Análise de Dados	192	SIM	A	B	4	0,031437
1S	MO/eletromiografia+gabinete	256	SIM	A	B	4	0,041916
1S	Gabinete 3	256	SIM	A	B	4	0,041916
1S	Gabinete 2	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Molde prótese	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Banco de Dados Prótese	128	SIM	A	B	4	0,020958
1S	Arquivo Prótese	192	SIM	A	B	4	0,031437
1S	Secretaria Prótese	256	SIM	A	B	4	0,041916
1C	Recepção/Espera	750	SIM	A	B	4	0,122800
1C	Circulação / Secretaria	672	SIM	A	B	4	0,110029
1C	Escada	128	NÃO	C	B	3	0,015718
1C	DML	128	NÃO	C	B	3	0,015718
1C	Elevador	0	SIM	A	B	4	0,000000
1C	Consulta/Triagem	256	SIM	A	B	4	0,041916
1C	Arquivo SAF	384	SIM	A	B	4	0,062874

1C	Sanitário PNE Fem.	32	SIM	A	B	4	0,005239
1C	Chuveiro/Vestiário PNE Fem.	32	SIM	A	B	4	0,005239
1C	Sanitários Fem.	32	SIM	A	B	4	0,005239
1C	Sanitário Fem. Ext.	32	SIM	A	B	4	0,005239
1C	Sanitário Masc. Ext.	32	SIM	A	B	4	0,005239
1C	Sanitários Masc.	32	SIM	A	B	4	0,005239
1C	Chuveiro/Vestiário PNE Masc.	64	SIM	A	B	4	0,010479
1C	Sanitário PNE Masc.	32	SIM	A	B	4	0,005239
1C	Auditório	1280	NÃO	C	B	3	0,157184
1C	Foyer	320	NÃO	C	B	3	0,039296
1C	DAFON	192	NÃO	C	B	3	0,023578
1C	Lancheria	256	SIM	A	B	4	0,041916
1N	Circulação Norte	480	NÃO	C	B	3	0,058944
1N	Brinquedoteca	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Expurgo	64	SIM	A	B	4	0,010479
1N	Cabine 9	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Cabine 10	256	SIM	A	B	4	0,041916
1N	Cabine 11	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Cabine 12	256	SIM	A	B	4	0,041916
1N	Consultório Psicologia	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Terapia em Grupo 2	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Supervisão 2	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Supervisão 1	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Cabine 16	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Cabine 15	256	SIM	A	B	4	0,041916
1N	Cabine 14	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Monitoramento	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Cabine 13	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Sanit. Masc. Norte	64	SIM	A	B	4	0,010479
1N	Sanit. PNE Masc. Norte	32	SIM	A	B	4	0,005239
1N	Sanit. PNE Fem. Norte	32	SIM	A	B	4	0,005239
1N	Sanit. Fem. Norte	64	SIM	A	B	4	0,010479
1N	Cozinha acessível	64	SIM	A	B	4	0,010479
1N	Cabine 8	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Cabine 7	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Cabine 6	256	SIM	A	B	4	0,041916
1N	Cabine 5	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Cabine 4	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Terapia em Grupo 1	256	NÃO	C	B	3	0,031437
1N	Guarda de Materiais	32	SIM	A	B	4	0,005239
1N	Equipamentos de fala	256	SIM	A	B	4	0,041916
1N	Observação 1	128	SIM	A	B	4	0,020958
1N	Cabine 1	192	SIM	A	B	4	0,031437
1N	Cabine 2	128	SIM	A	B	4	0,020958

1N	Cabine 3	192	SIM	A	B	4	0,031437	
1N	Observação 2	128	SIM	A	B	4	0,020958	
2C	Mezanino/Circulação	320	NÃO	C	B	3	0,039296	
2C	Sala de reunião de Professores	384	SIM	A	B	4	0,062874	
2C	Sala de Professores	256	SIM	A	B	4	0,041916	
2C	Sanitário PNE prof.	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2C	Banheiro/Vestiário Prof.	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2C	Secretaria/Coordenação 3	512	NÃO	C	B	3	0,062874	
2C	Secretaria/Coordenação 2	256	SIM	A	B	4	0,041916	
2C	Secretaria/Coordenação 1	512	SIM	A	B	4	0,083831	
2C	Elevador	0	SIM	A	B	4	0,000000	
2N	Circulação Norte	384	NÃO	C	B	3	0,047155	
2N	Sala de Aula 1	768	NÃO	C	B	3	0,094310	
2N	Sala de Aula 2	576	NÃO	C	B	3	0,070733	
2N	Sala de Aula 3	576	NÃO	C	B	3	0,070733	
2N	Copa funcionários	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2N	DML	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2N	Sanitário PNE Fem.	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2N	Sanitário PNE Masc.	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2N	Sanitário Fem.	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2N	Sanitário Masc.	32	SIM	A	B	4	0,005239	
2N	Gabinete 1	384	SIM	A	B	4	0,062874	
2N	Gabinete 2	256	SIM	A	B	4	0,041916	
2N	Gabinete 3	256	SIM	A	B	4	0,041916	
2N	Sala de estudos Graduação	384	NÃO	C	B	3	0,047155	
2N	Sala de Aula 4	576	NÃO	C	B	3	0,070733	
2N	Gabinete 4	256	SIM	A	B	4	0,041916	
2N	Gabinete 5	256	SIM	A	B	4	0,041916	
2N	Sala de estudos Pós-graduação	384	SIM	A	B	4	0,062874	
2N	Gabinete 6	192	SIM	A	B	4	0,031437	
POT. TOTAL (W)		24.430					EqNumDPI	3,662055
							B	