

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO
GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

ANTONIO LUIZ FERRADOR FILHO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE SÃO PAULO

São Paulo

2017

ANTONIO LUIZ FERRADOR FILHO

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – ESTUDO DE CASO
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE SÃO PAULO**

**BUILDINGS ENERGY EFFICIENCY – CASE STUDY TRIBUNAL DE
JUSTIÇA DE SÃO PAULO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em Gestão Ambiental e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre de Oliveira e Aguiar

São Paulo

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Ferrador Filho, Antonio Luiz.

Eficiência energética em edificações - estudo de caso tribunal de justiça de São Paulo. / Antonio Luiz Ferrador Filho. 2017.

194 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2017.

Orientador (a): Alexandre de Oliveira e Aguiar.

1. Eficiência energética de edifícios. 2. Selos de eficiência energética. 3. Retrofit. 4. Construções públicas sustentáveis.

I. Aguiar, Alexandre de Oliveira e. II. Título.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES – ESTUDO DE CASO
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE SÃO PAULO

Por

Antonio Luiz Ferrador Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em Gestão Ambiental e Sustentabilidade, apresentada à Banca Examinadora formada por:

Prof. Dr. Alexandre de Oliveira e Aguiar – Universidade Nove de Julho – UNINOVE

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro – Universidade de São Paulo – USP

Prof. Dra. Claudia Terezinha Kniess – Universidade Nove de Julho – UNINOVE

São Paulo, 23 de Fevereiro de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa Lu,
pela compreensão e companheirismo nas
horas gastas com ele.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre de Oliveira e Aguiar, pelas dicas, contribuições e cobranças, sem as quais não conseguiria fazer este trabalho.

Agradecimento ao pessoal do TJ/SP-Pinheiros: Marcia, Julio, Thais e ao Victor, da área de Engenharia da Secretaria de Justiça de São Paulo, pela boa vontade e colaboração.

Agradeço ao Rodrigo Teixeira, da Secretaria de Planejamento Estratégico do Tribunal de Justiça de São Paulo, pelo incentivo e trabalho em prol da parceria entre Uninove e TJ/SP e pela ajuda na viabilização deste estudo.

Agradeço ao Pedro, pelo incentivo para eu fazer o mestrado, a amizade e a colaboração.

Agradeço ao meu irmão Amauri, a Gabriela, ao Paulo ao Aldani, pela ajuda.

Aos professores do GEAS da Uninove pelo apoio, em especial a professora Claudia Kniess, que incentivou a minha continuidade nos estudos, ao professor Mauro Ruiz, e ao professor João Alexandre pelas sugestões dadas na qualificação.

Ao pessoal da minha turma no GEAS pelo apoio e amizade durante o curso e fora dele.

E, finalmente aos membros da banca, especialmente ao prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro, pelo pronto atendimento ao convite e pelas contribuições e críticas construtivas.

RESUMO

O setor de edificações é um dos maiores consumidores de energia em termos globais, daí a importância da busca da eficiência energética neste campo. Levando em conta o ciclo de vida das construções, é na sua fase operacional em que ocorre o maior consumo de energia. Esta pesquisa buscou identificar oportunidades de melhorias em eficiência energética em um edifício do Tribunal de Justiça de São Paulo, público, existente e operacional. O método aplicado foi o estudo de caso. Os dados foram coletados em entrevistas não estruturadas e visitas técnicas no local, além do exame de documentação relacionada. Foi feita a análise dos dados pelo método prescritivo do PROCEL-Edifica, obtendo classificação energética para as três características do prédio: a envoltória foi caracterizada com a etiqueta C, a iluminação a etiqueta C e o condicionamento de ar a etiqueta B. A classificação geral do prédio obtida foi etiqueta C. As implicações deste trabalho para a prática estão na indicação de potenciais melhorias nas instalações do prédio para aumento da eficiência energética e na análise de potencial e limitações para a replicação do estudo em outros prédios. Algumas das potenciais melhorias identificadas foram: mudança de lâmpadas fluorescentes para LED, alteração no circuito de iluminação de salas, uso de filmes polarizados nos vidros, melhoria no sombreamento vertical e horizontal das fachadas da torre pela utilização de elementos que diminuam a incidência direta da luz solar, como brises. Uma análise básica de tempo de retorno de investimento para algumas melhorias foi feita, demonstrando possível priorização de ações. O método usado pode servir como base de uma sistemática a ser replicada em outros edifícios do TJ/SP. Esse estudo visa contribuir para o aperfeiçoamento do Plano de Logística Sustentável do TJ/SP, na sua linha de eficiência energética de edifícios. No geral o método prescritivo aceito pelos critérios do PROCEL-Edifica é indicado para replicação do estudo em outros prédios do TJ/SP, devido a agilidade para alterar parâmetros teoricamente e obter resultados que orientem a introdução de medidas de melhorias da eficiência energética. No entanto, a avaliação da dimensão "envoltória" tem uma replicação mais complexa e possivelmente exigirá a participação de técnicos treinados quando da análise de outros edifícios.

Palavras-chave: Eficiência energética de edifícios, Selos de eficiência energética, *Retrofit*, Construções públicas sustentáveis.

ABSTRACT

The building sector is one of the largest consumers of energy in global terms, hence the importance of search for energy efficiency in this Field. According to the buildings life cycle, it is in the operational phase in which the highest energy consumption occurs. This research aimed to identify opportunities for energy efficiency improvements in a public, existing and operational Tribunal de Justiça de São Paulo building. The applied method was the case study. Data were collected in unstructured interviews and technical visits at the site, as well as related documentation examination. The data were analyzed by the PROCEL-Edifica prescriptive method, obtaining energy classification for the three characteristics of the building: the envelope got the label C, the illumination got label C and the conditioning of air got label B. The building general classification obtained was label C. The implications of this work for practice are in indicating potential improvements in the building's facilities to increase energy efficiency and in the analysis of potential and limitations for the study replication in other buildings. Some of the potential improvements identified were: change of fluorescent lamps to LEDs, change in the rooms lighting circuit, use of polarized films in the building's glass, improvement in the vertical and horizontal shading of tower façades by using elements that reduce the direct incidence of sunlight. A basic investment payback period analysis for some improvements was conducted, as a examples to a action priorities definition. The method used can serve as a basis of a systematic to be replicated in other TJ/SP buildings. This study can contribute to the enhancement of the TJ/SP Sustainable Logistics Plan, in its line of buildings energy efficiency. In general, the prescriptive method accepted by PROCEL-Edifica criteria is indicated for this study's replication in other buildings of the TJ/SP, due to the agility to change parameters theoretically and obtain results that may guide the introduction of energetic efficiency improvement measures. However, the "envelope" dimension evaluation has a more complex replication and possibly will require trained technicians participation when analyzing other buildings.

Keywords: Buiding energy efficiency, energy efficiency label, retrofit, sustainable public buildings.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.1.1	Questão de Pesquisa	19
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Geral	19
1.2.2	Específicos.....	19
1.3	JUSTIFICATIVA PARA ESTUDO DO TEMA	19
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	CONSTRUÇÕES E SUSTENTABILIDADE	23
2.2	CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E INOVAÇÃO	24
2.3	CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES	27
2.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.....	30
2.4.1	Eficiência Energética.....	30
2.4.2	Edificações e Eficiência Energética	31
2.4.3	Principais aspectos técnicos de projeto e construção.	31
2.4.4	Aspectos econômicos da eficiência energética em edifícios.....	38
2.5	CERTIFICAÇÕES E ETIQUETAGEM... ..	39
2.5.1	Indicadores de eficiência energética usados nas certificações	41
2.5.2	Forma de obtenção dos indicadores:	42
2.5.3	Quantificação de Consumo de Energia:	43
2.5.4	Formas de medição da energia:	44
2.5.5	Área de Piso:	45
2.5.6	Tipo de Edificação:	46

2.5.7	Métrica de comparação:	47
2.5.8	Finalidade de uso da Energia:	48
2.5.9	Etiquetagem e Certificações :.....	48
2.5.10	Etiquetas e Certificações no Brasil:.....	49
2.6	ETIQUETA PBE EDIFICA / PROCEL-EDIFICA.....	52
2.6.1	Etiquetagem de edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços.	53
2.6.2	Organismos Certificadores	58
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	60
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	60
3.2	FONTES DE INFORMAÇÃO.....	61
3.3	PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS.....	62
3.4	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS	63
3.4.1	Escolha do tipo de etiqueta avaliado:	64
3.4.2	Métodos de avaliação e aplicação do método.	64
3.4.3	Análise do “gap” para atingir níveis superiores.....	65
3.4.4	Alternativas de custos e benefícios.....	66
3.4.5	Discussão sobre aplicação do modelo Eletrobrás/Procel-Edifica.....	66
4	ESTUDO DE CASO.....	67
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA.....	67
4.1.1	Detalhes arquitetônicos do edifício	68
4.1.2	Localização e posicionamento geográfico do edifício.	69
4.1.3	Planta simplificada de um andar padrão.....	70
5	APLICAÇÃO DO MÉTODO AO CASO EM QUESTÃO	72
5.1	HISTÓRICO DAS VISITAS PARA COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS	72
5.1.1	Levantamento de documentos primários.....	74

5.2	DIVISÃO DE ÁREAS POR CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL.....	77
5.3	MÉTODO PRESCRITIVO PROCEL-EDIFICA APLICADO AO EDIFÍCIO	78
5.3.1	Determinação do Indicador de Consumo da Envoltória	79
5.3.2	Iluminação.....	100
5.3.3	Condicionamento de Ar.....	103
5.3.4	Cálculo da Pontuação Geral do Prédio (Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar).....	106
5.4	QUADRO SÍNTESE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS	109
6	DISCUSSÃO	111
6.1	CARACTERÍSTICAS POSITIVAS	111
6.2	OPORTUNIDADES DE MELHORIA	112
6.2.1	Aproveitamento da Luz Natural – Modificação dos circuitos de Iluminação.....	112
6.2.2	Sensores de Presença e Dimmerização	115
6.2.3	Iluminação Natural - Luz Solar “Encanada”	116
6.2.4	Substituição de Lâmpadas fluorescentes por led.....	117
6.2.5	Automação dos condicionadores de ar.....	117
6.2.6	Absortância das paredes do Térreo	117
6.2.7	Envoltória	118
6.2.8	Sugestão de Prioridades de ação	119
6.2.9	Observações dos testes	121
6.3	ANÁLISE DE USO DO MÉTODO PRESCRITIVO DO PROCEL-EDIFICA.....	122
6.3.1	Considerações s/ ambientes permanência prolongada ventilados naturalmente.....	123
6.3.2	Eficiência energética real de prédio etiquetado.....	125
6.3.3	Proposta de planilha simplificada.....	125
7	CONCLUSÕES	127

7.1	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	128
7.2	CONTRIBUIÇÕES PARA A TEORIA	128
7.3	CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA:	129
7.4	SUGESTÃO DE NOVAS PESQUISAS.....	130
REFERÊNCIAS		131
ANEXO A – Edificações certificadas com etiqueta “A” no PROCEL- EDIFICA.....		146
APÊNDICE A – Memorial de Cálculo da envoltória.....		149
APÊNDICE B – Dados para Cálculo de Iluminação.....		176
APÊNDICE C – Dados de Condicionamento de Ar.....		182
APÊNDICE D – Memorial de Cálculo da Classificação Geral PROCEL-Edifica.....		185
APÊNDICE E – Memorial de Cálculo para mudança no circuito de iluminação.....		193

1 INTRODUÇÃO

Devido às mudanças climáticas e a degradação do meio ambiente, ocorridas nos últimos anos, existe consenso de que medidas transdisciplinares são necessárias em direção à sustentabilidade, para que as próximas gerações ou até mesmo a atual continue tendo recursos naturais disponíveis e suficientes para atender as suas necessidades. (McCormick *et al.*, 2016; Gaziulusoy, Ryan, McGrail, Chandler, & Twomey, 2015; Liyin, Hong, & Griffith, 2006).

Até meados da década de 1970 visto como um fornecedor de recursos inesgotável, o meio ambiente foi pouco considerado quanto às consequências do uso indiscriminado de recursos. Durante o período anterior a esse, com algumas exceções, como a reunião do Clube de Roma em 1968 (Motta & Aguilar, 2009), as consequências futuras de uso de energia, uso de água, fabricação de equipamentos, tratamento dado aos resíduos, reciclagem, etc, não eram vistas como prioritárias. Em 1972 a ONU promove em Estocolmo a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano (Conference on the Human Environment) (Motta & Aguilar, 2009). A partir da década de 1980 se começou a ter ideia dos prejuízos causados pelo uso indiscriminado de recursos naturais e começaram a aumentar o número de iniciativas no sentido de evitar a degradação do meio ambiente. Como um marco importante, pode ser citado o relatório "Nosso Futuro Comum" publicado em 1987 pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMD)(Barbieri, de Vasconcelos, Andreassi, & Vasconcelos, 2010) A partir de então e conforme as definições estabelecidas por essa comissão, as consequências futuras do uso de recursos naturais, inclusive para as novas gerações, passaram a ser consideradas.

Outro acontecimento importante a ser citado é a Conferência Mundial para Meio Ambiente e Sustentabilidade, a Rio-92: como efeito desse evento, o desenvolvimento econômico passou a levar em consideração o fator sustentabilidade, dando origem ao termo desenvolvimento sustentável, que leva em conta outros fatores além do puramente econômico. Apesar de aparentemente inconciliáveis, porque o crescimento econômico vinha sendo conduzido sem levar os recursos naturais e fatores sociais em consideração, segundo Porter e Van der Linde (1995) estes fatores não devem ser necessariamente antagônicos e sim complementares. Essa linha de pensamento vem sendo assimilada e cada vez mais a economia de recursos naturais e a defesa do meio ambiente vem sendo inseridos nos objetivos de empresas, governos e demais organismos da sociedade.

Conforme os costumes foram mudando ao longo do tempo, a energia tornou-se um insumo primordial para atendimento da demanda criada com o modo de vida adotado pela sociedade. Atualmente, principalmente nos países mais desenvolvidos, atividades diárias que até há pouco tempo eram feitas de outra maneira, agora utilizam energia para serem executadas, como pagar uma conta, comunicar com outras pessoas, comprar um produto, etc. Com isso, os países ou regiões cuja qualidade de vida é melhor, são os que mais consomem recursos. Este consumo de energia é citado por Hartkopf e Loftness (1999) como sendo um dos pontos centrais na redução dos recursos naturais e no aumento da emissão de gases de efeito estufa, causadores de mudanças climáticas. As edificações são importantes consumidoras de recursos como energia e água e geradoras de resíduos. Em torno de 40% da energia elétrica consumida na maioria dos países deriva da utilização em edificações (Chen, Cook, & Crandall, 2013). Já Memon (2014) indica que as construções consomem 30% de toda a energia e causam um terço de toda a emissão de CO₂, em termos mundiais.

O consumo de recursos em construções permeia todo o seu ciclo de vida, que compreende três fases, a fase de construção, em que a fabricação, transporte e uso de matérias-primas são os principais aspectos, além da energia para produzir essas matérias primas e para operar os equipamentos de construção. Na concepção, planejamento e construção em si, considerados no estudo como “Fase de Construção”, o consumo final de energia, segundo Sartori & Hestnes (2007), não é muito significativo em relação ao total gasto em sua vida útil. Porém, essa fase é fundamental na definição de medidas de Eficiência Energética de Edificações (EEE) que afetarão a construção por todo o seu ciclo de vida (Degani & Cardoso, 2002).

A segunda fase, a mais longa, é a fase de operação do edifício, com função residencial, comercial, hospitalar, pública, etc. O maior impacto ambiental, pelo ciclo de vida da edificação, em seus aspectos de consumo de energia e água, se dá durante esse período (Ortiz-Rodríguez, Castells, & Sonnemann, 2012).

A terceira e última fase, ao fim da vida útil do edifício, tem o seu impacto na necessidade de gasto de energia para demolição e para transporte de resíduos para reciclagem, reuso ou destinação final. Uma alternativa a ser considerada é o reuso ou requalificação do prédio com outra função (Laefer & Manke, 2008), uma opção que pode ser adequada em termos de sustentabilidade, especialmente em edifícios históricos, dependendo de análises econômicas e de viabilidade técnica.

Vários autores indicam que existe um enorme potencial de economia a ser estudado, tratado e otimizado em relação à eficiência energética de edifícios (Lowe, 2000; Juan, Gao, & Wang, 2010; Zheng, Jing, Huang, Zhang, & Gao, 2009). A renovação voltada para a eficiência energética do conjunto de edifícios existentes é considerado fator chave para a redução de emissões de CO₂. Segundo Lowe (2000) e McCormick *et al.* (2016), praticar ações para melhorar a eficiência é um caminho importante para atingir esses objetivos.

O setor público controla grandes orçamentos e tem poder de compra de uma vasta gama de produtos e serviços (Biderman, Macedo, Monzoni, & Mazon, 2006). Na União Europeia, estimavam-se gastos de 1,0 trilhão de Euros em compras públicas (Biderman, Macedo, Monzoni, & Mazon, 2006). Estes altos valores podem ser usados para exercer influência significativa em direção à sustentabilidade, nos seus três aspectos: social, econômico e ambiental, tornando sustentáveis ou melhorando os aspectos de sustentabilidade de produtos e serviços adquiridos por esses organismos (Teixeira & Azevedo (2013); Lautenschlager, Sschronardie & Freitas (2015)).

Uma parcela das edificações em uso pertence ou é alugada ao poder público. Portanto, é um importante passo no sentido da sustentabilidade que este atue na melhoria da eficiência energética e da emissão de CO₂ de suas propriedades, próprias ou não. Nesse sentido, a partir de 2014 no Brasil há uma determinação, pela Instrução Normativa IN02-2014, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, para que edifícios novos, a serem construídos ou alugados, e reformas acima de 500 m², controlados pela administração federal, sejam nível “A” no selo do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e Programa Brasileiro de Conservação de Energia (PROCEL), voltado a edificações, o PROCEL-Edifica, como forma de induzir e incentivar edifícios energeticamente eficientes.

Dentro deste contexto, este Projeto de Pesquisa propõe o estudo do tema “Eficiência Energética em Edificações” e suas abordagens, seus aspectos técnicos e econômicos. O ponto de vista técnico é o enfoque principal, sempre buscando melhorias e indicadores para análise de ganhos relacionados ao meio ambiente, uma das linhas básicas da sustentabilidade. O aspecto econômico foi tratado por meio de uma análise de custo básica, com cálculos de tempos de retorno. O aspecto social também tem sua importância, porém devido ao foco do projeto, deixou-se em aberto a análise desta linha da sustentabilidade e procurou-se buscar os efeitos das inovações no consumo de energia e uma análise de *payback* para estas inovações, avaliando os resultados no sentido de propor uma linha de ação para os gestores do órgão

governamental. Assim, , tratou-se da aplicação deste tema em um prédio público existente e operacional em um órgão público estadual.

O Conselho Nacional de Justiça (CNJ), por meio da resolução 201, de 03 de Março de 2015, determinou a implantação de núcleos socioambientais e de Planos de Logística Sustentável (PLS), como instrumentos para melhorar o desempenho socioambiental do sistema judiciário (CNJ, 2015). O TJSP, atendendo ao requerido pelo CNJ, elaborou seu Plano de Logística Sustentável e definiu uma série de objetivos e metas. A fim de contribuir com o detalhamento das estratégias e ações do PLS do TJSP, foi definido que a UNINOVE e TJSP iriam interagir para que houvesse uma parceria nesse sentido, no âmbito do convênio existente entre as duas instituições, e que o Fórum de Pinheiros seria o objeto de estudo para as ações de eficiência energética.

Esta pesquisa propõe, por meio de um estudo de caso no Tribunal de Justiça de São Paulo, Fórum de Pinheiros, avaliar o desempenho energético atual do edifício, e com base nos critérios do sistema de etiquetagem do PROCEL-Edifica, sugerir medidas de melhoria para melhorá-lo contribuindo para o Plano de Logística Sustentável.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

As necessidades humanas estão cada vez mais associadas ao consumo de energia. Algo que antes era feito de uma maneira agora representa um gasto de energia: iluminar, cozinhar, ter conforto ambiental, mobilidade e comunicação são alguns exemplos. O desenvolvimento econômico e social vem causando um aumento exponencial na demanda por energia e serviços associados. Como exemplo, podem ser citados os modos de vida europeu e, em maior escala, o americano, os quais estabeleceram os parâmetros para o desenvolvimento global. Apesar dos dados serem de 1999, dão um exemplo de concentração de consumo nessas duas regiões: na época elas respondiam por apenas 10% da população mundial, mas consumiam juntas quase 50% dos recursos globais (Hartkopf & Loftness, 1999).

O consumo de energia provoca o aumento na emissão de gases de efeito estufa, o que acarreta maior concentração de CO₂ na atmosfera. Segundo dados do *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC* (2011), organização internacional que estuda mudanças climáticas, esta concentração aumentou para 390 ppm – 39% a mais que no período anterior a revolução industrial.

O Balanço Energético Nacional - 2016 aponta que o consumo de energia elétrica no setor público em 2015 foi de 8,2% do consumo total (Brasil, 2016). Para além desse número, deve-se atentar para a questão dos órgãos públicos como exemplos para a população. Devido a sua natureza como reguladores e controladores, devem buscar servir de referência à sociedade como um todo, procurando conceber edificações funcionais, eficientes energeticamente e voltadas ao meio ambiente (Borges & Moraes, 2013).

No caso dos Edifícios Públicos Federais já existe legislação que estabelece a obrigatoriedade de rotulagem energética pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edifícios (PBE- Edifica), implantado por uma parceria entre o INMETRO e a Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobrás.

Esta parceria criou o selo de desempenho energético, conhecido como selo PROCEL-Edifica. Segundo a legislação, a partir de 2014 é obrigatória a obtenção de classificação “A” deste selo em prédios novos ou grandes reformas, em prédios do poder público Federal. Já nas esferas Estaduais e Municipais não existe ainda a obrigatoriedade, embora exista recomendação neste sentido.

No caso do TJSP, o PLS incluiu com destaque o objetivo de reduzir o consumo de energia. Para a execução do PLS no TJ/SP foram determinadas três fases. A primeira, já terminada, é uma estrutura teórica do PLS. Marcou o desenvolvimento de documento básico do Plano, com objetivos definidos e, a partir destes objetivos, efetuou-se o desdobramento em metas, para serem alcançadas ao longo do tempo. A segunda Fase é formada por projetos e ações aderentes aos objetivos e metas pretendidos, com acompanhamento dos indicadores definidos na primeira etapa. Na terceira etapa serão feitas as avaliações contínuas observando-se o desempenho dos indicadores e o atingimento de metas. Estas avaliações são base para revisões periódicas e melhoria contínua do PLS (TJ/SP, 2015)

Os objetivos definidos para o PLS são:

- Objetivo 1: utilizar insumos e materiais de forma eficiente.
- Objetivo 2: trabalhar com uma gestão eficiente de energia elétrica, água e esgotos, documentos, resíduos e telefonia.
- Objetivo 3: melhorar qualidade de vida no ambiente de trabalho.
- Objetivo 4: sensibilizar os agentes públicos e capacitá-lo para temas de sustentabilidade.

As metas desdobradas visam alinhar o operacional da instituição aos objetivos citados. A Figura 1 lista as metas desdobradas associadas aos objetivos.

Objetivos e Códigos das Metas	Descrição das Metas
Objetivo 1	
META 1.1	Reduzir em 20% a média de consumo de papel branco (em resmas) até dez/2016
META 1.2	Reduzir em 20% a média de consumo de papel reciclado (em resmas) até dez/2016
META 1.3	Reduzir em 15% a média de consumo (em centos) de copos de 200 ml por agente público até dez/2016
META 1.4	Reduzir em 10% a média de consumo (em centos) de copos de 50 ml por agente público até dez/2016
Objetivo 2	
META 2.1	Publicar, no TJSP, guia de boas práticas para impressão de documentos até dez/2015
META 2.2	Reduzir em 10% a média de consumo de energia elétrica (kWh) por área construída (m ²) até dez/2016
META 2.3	Reduzir em 10% a média do volume de água consumida (em m3) por área construída (m2) até dez/2016
META 2.4	Implantar a coleta seletiva em 50% dos prédios do TJSP até dez/2016
META 2.5	Reduzir em 5% o valor médio da fatura por linha de telefonia fixa até dez/2016
Objetivo 3	
META 3.1	Obter a participação de 30% dos servidores em ações de qualidade de vida por ano
META 3.2	Aumentar em 30% as ações de qualidade de vida até 31/dez/2016
META 3.3	Realizar uma (1) ação trimestral de inclusão para servidores com deficiência
Objetivo 4	
META 4.1	Realizar duas (2) capacitações em temas referentes à sustentabilidade por semestre

Figura 1: metas do Plano de Logística Sustentável do TJ/SP. Fonte: autor com base no PLS do TJ-SP (TJ/SP, 2015)

O TJ/SP possui no estado de São Paulo em torno de 700 prédios entre próprios e alugados. O problema de que trata este estudo se encaixa na segunda fase do projeto e no Objetivo 2 do PLS, e deriva da importância de se ter edifícios eficientes energeticamente no contexto do TJ/SP e a presença de critérios oficiais brasileiros para classificação de edifícios quanto a eficiência energética. Para que os edifícios sejam mais eficientes energeticamente, é preciso estabelecer e priorizar ações de melhorias que levem a esse resultado.

1.1.1 Questão de Pesquisa

A questão de pesquisa que orienta este trabalho é: como utilizar os critérios do PBE-Edifica/PROCEL-Edifica como base para definição de plano de ações para melhoria da eficiência energética dos edifícios do TJ/SP?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

O objetivo geral do trabalho é propor ações que visam contribuir para a melhoria da Eficiência Energética no TJ/SP, especificamente no Fórum de Pinheiros, cidade de São Paulo.

1.2.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) fazer diagnóstico, com base no processo de Etiquetagem de Edifícios do PROCEL- Edifica, e classificar o perfil energético do prédio;
- b) identificar oportunidades de melhorias tecnológicas e de materiais, a partir do perfil energético calculado, para o aumento da eficiência energética do edifício;
- c) fazer estimativa de custo/benefício para implantação dessas melhorias;
- d) propor uma sistemática de avaliação que sirva como subsídio para outros edifícios e para o Plano de Logística Sustentável (PLS) do TJ/SP; e
- e) fazer uma análise crítica de características selecionadas do modelo de etiquetagem do PROCEL-Edifica.

1.3 JUSTIFICATIVA PARA ESTUDO DO TEMA

Os problemas causados pelas mudanças climáticas têm sido frequentemente discutidos na Europa. Em particular muita atenção é dada a questões sobre consumo de energia (Mickaityte, Zavadskas, Kaklauskas, & Tupenaite, 2008), dado que representa uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa que causam tais mudanças. O acordo de Paris, realizado em Dezembro de 2015, ao final da 21ª Conferência das Nações Unidas sobre

Mudanças Climáticas (COP21), que vem sendo assinado por mais de 195 países desde 22/04/2016, é um passo importante no sentido de minimizar as mudanças climáticas. Ele propõe medidas para limitação do aumento da temperatura global, com “esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais”. Determina ainda que as nações desenvolvidas invistam 100 bilhões de dólares em medidas para minimizar as mudanças climáticas (COP21, 2015).

Desde a década de 1970, com a crise do petróleo, se começou a pensar em termos de economia de energia nas construções (Ngowi, 2001). Nos últimos anos, cresceu a demanda por edificações e, por conseguinte o consumo de energia gerado por estas. Isto pode ser explicado pelo crescimento da população mundial e também pela mudança no modo de vida das pessoas (Memon, 2014), cada vez mais usando energia para suas atividades diárias. Isto trouxe dois grandes desafios para o ser humano nas últimas décadas: como reverter a poluição ambiental e a escassez de energia (Klemes & Friedler, 2008).

O setor de edificações é responsável por grande parte da emissão de gases de efeito estufa e do consumo de energia. Globalmente, este setor responde por aproximadamente um terço do primeiro e 40% do segundo (Metz & IPCC, 2007). Na Austrália, a energia gasta pelas edificações gera em torno de 20% das emissões de gases de efeito estufa (Saman, 2013). Nos países da União Europeia o setor de edificações responde por 40% do consumo de energia final (isto é, o efetivamente consumido pelo usuário final) (Eurostat, 2007). O gasto para aquecimento em edifícios residenciais gira em torno de 22% do uso final da energia na Alemanha (Schnieders & Hermelink, 2006). O setor residencial e terciário, em muitos países, é responsável por uma parcela considerável de consumo de energia, situando-se na faixa dos 40% do consumo total (Chwieduk, 2003).

Em vários estudos, um dado sempre presente é que o setor de edificações responde por uma importante parcela do consumo de energia e da emissão de gases de efeito estufa, causas apontadas para o aquecimento global e as mudanças climáticas (Juan *et al.*, 2010). Assim, o controle de consumo de energia mostra-se cada vez mais estratégico para um desenvolvimento sustentável (Zheng *et al.*, 2009). Segundo Schnieders e Hermelink (2006) um futuro baseado na sustentabilidade passa pelas edificações e suas características.

Na União Europeia, em edificações residenciais a energia é usada principalmente para aquecimento e resfriamento do ambiente (68%), em segundo lugar para aquecimento de água (14%) e em terceiro iluminação e equipamentos elétricos (18%) (Pérez-Lombard, Ortiz, & Pout, 2008). Em países mais frios, como a Polônia, o aquecimento do ambiente demanda mais

de 70% do total (Chwieduk, 2003). Aquecimento e refrigeração de ambientes, juntos, consistem, em média, 41% da energia demandada pelos edifícios residências na Austrália e o aquecimento de água em outros 30%. Os dois primeiros respondem por 11% da emissão total de gases de efeito estufa (Saman, 2013).

Duas informações podem ser extraídas destes dados: medidas de melhoria da eficiência energética são necessárias, pois existem espaço e potencial nesse sentido. Além disso, verifica-se que cada país ou região tem uma característica diferente e que a eficácia das medidas adotadas nem sempre é semelhante, dependendo do local e região climática analisada.

Este estudo trabalha com o sistema PROCEL-Edifica de avaliação e etiquetagem de eficiência energética. O que leva a utilizar esse processo é o fato do objeto do estudo ser um prédio público do governo estadual, o qual não passou pela etiquetagem do PROCEL, por não haver exigência legal para isso. Como no âmbito Federal já está se utilizando desse sistema no caso de edifícios novos ou reformas acima de 500 m², a ideia é o aproveitamento desse método já consagrado na esfera federal e estendê-lo ao âmbito do estado.

Além disso, é no período operacional, na qual o prédio é usado efetivamente, o consumo energético mais significativo, daí a importância de se fazer esta pesquisa em um prédio já existente e ativo. Outra motivação adicional é o desafio da utilização de inovações tecnológicas e novos materiais, buscando maior eficiência e sustentabilidade, na reforma de edificações antigas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho começa com esta introdução e segue apresentando, no capítulo 2 o referencial teórico, focando nos temas “Construções e Sustentabilidade”, “Construções Sustentáveis e Inovação”, “Ciclo de Vida das Construções”, “Eficiência Energética em Edificações”, “Certificações e Etiquetagem da Eficiência Energética de Edificações” e “Etiqueta PBE-Edifica / PROCEL-Edifica”.

Em seguida o capítulo 3 mostra a metodologia do trabalho, apresentando o delineamento da pesquisa, fontes de fontes de informação utilizadas para o estudo, quais foram os procedimentos para coleta dos dados e como foram feitas a análise dos dados pelo método da pesquisa.

O capítulo 4 apresenta o Estudo do Caso, fala sobre o objeto da pesquisa, suas características, o porquê da escolha do edifício, detalha localização, orientação geográfica e os dados gerais do Caso.

No capítulo 5 é apresentado o histórico das visitas para coleta dos dados e documentos, descreve a aplicação do método Prescritivo do PROCEL, os cálculos (detalhados nos Apêndices A, B, C e D) dos três quesitos do método: Envoltória, Iluminação e Ar condicionado. A seguir apresenta o cálculo da Pontuação Geral do Edifício e mostra o Resultado final e a atribuição da Etiqueta da Construção.

A seguir, no capítulo 6 são discutidas as características positivas relacionadas a eficiência energética encontradas no edifício no decorrer do processo de pesquisa. Além disso, são sugeridas e analisadas oportunidades de melhoria detectadas, é feito um estudo de tempo de retorno e colocadas melhorias em ordem de prioridade. Também são discutidas algumas questões relativas à pesquisa.

O capítulo 7 faz um fechamento do trabalho, apresentando as conclusões encontradas, as limitações do estudo, abordadas as colaborações do trabalho para a pesquisa acadêmica, sua colaboração com a prática e propõe sugestões para novas pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são tratados os aspectos teóricos que embasaram o estudo, divididos em tópicos.

2.1 CONSTRUÇÕES E SUSTENTABILIDADE

Para falar sobre sustentabilidade nas construções é necessário se fazer uma análise do que vem a ser esse termo. A sustentabilidade está relacionada com a interação do homem entre si e com o meio ambiente. O termo possui inúmeras definições e causa certa confusão (Faber, Jorna & Van Engelen, 2005). A preocupação com a sustentabilidade, a princípio no seu lado ambiental, é iniciada a partir dos anos 1970, com a criação dos partidos políticos chamados Verdes (Barbieri, de Vasconcelos, Andreassi, & Vasconcelos, 2010). Nos anos 1990, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (ECO-92), foi estabelecido o compromisso com a mudança de paradigma na relação homem x meio ambiente e sustentabilidade.

Desde esse período, começaram a existir pressões sobre as empresas para que adotassem posturas mais sustentáveis (Elkington, 1994), sendo desenvolvidas novas normas e padrões e a partir dali a conscientização vem aumentando, por meio de pressão da opinião pública e como reação a alguns acidentes ambientais e mudanças climáticas.

Os termos “Sustentabilidade” e “Desenvolvimento Sustentável”, o que representam efetivamente? Sustentabilidade tem a sua definição dependente do contexto em estudo ou do ponto de vista, se ambiental, social ou econômico (Brown, Hanson, Liverman & Merideth, 1987). Segundo Munck e Souza, (2011, p. 230): “A sustentabilidade compõe ações mais objetivas que propiciam o alcance de um desenvolvimento sustentável”. Já a definição de desenvolvimento sustentável que se consolidou foi a de que “é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras” (Brundtland *et al.*, 1987, pg. 52). Os aspectos sociais, ambientais e econômicos devem sempre ser levados em consideração e suas consequências futuras avaliadas, para se falar em termos de sustentabilidade (Claro, Claro, & Amâncio, 2008). A fim de manter a sustentabilidade, é de responsabilidade do ser humano encontrar alternativas que reduzam o consumo de recursos naturais e energia, sem reduzir demais a qualidade de vida das pessoas (Hartkopf & Loftness, 1999).

Existe necessidade de se procurar mudar o foco no consumo exagerado. Manter a qualidade de vida é importante, mas deve-se incluir um olhar para a sustentabilidade, que representaria uma mudança no estilo de vida das pessoas (Hartkopf & Loftness, 1999).

Em 1997 John Elkington, em seu livro “Canibais com garfo e faca”, cunhou o termo *triple botton line*, colocando lado a lado os três aspectos a serem tratados quando se fala em sustentabilidade: o lado ambiental, o lado econômico e os aspectos sociais. Se uma determinada empresa atende seus requisitos ambientais corretamente, mas para isso incorre em um prejuízo financeiro, não atende a sustentabilidade. O mesmo se pode dizer no caso de atendimento aos requisitos ambientais, porém causando algum dano social no processo. Hoje a tendência a incluir a sustentabilidade em visões e metas das empresas e de organismos não empresariais, como os governos, tem se expandido.

O Relatório do *United Nations Environment Programme* (2011) aponta os edifícios como consumidores de alto impacto da energia elétrica mundial e potencialmente causadores do efeito estufa. A ameaça ao meio ambiente globalmente representada pelas edificações, no seu ciclo de vida, é indicada por alguns autores como um dos grandes consumidores de recursos, como água e energia elétrica, e um dos maiores geradores de resíduos e emissores de gases de efeito estufa (Courtney, 1999; Memon, 2014). Por isso a necessidade de dar uma atenção especial aos aspectos de sustentabilidade, principalmente os voltados para os impactos ao meio ambiente, nas edificações, tanto nos novos projetos como nos edifícios já existentes.

2.2 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E INOVAÇÃO

A definição de Inovação é muito ampla, são citados aqui alguns dos significados como ilustração: a invenção, que é uma ideia, um esboço, para se tornar inovação depende de outros fatores, como respaldo técnico/comercial: “Inovação é a transformação de uma ideia, um conhecimento, em um produto, processo ou serviço” (Porter & Stern, 1999) ou “Inovação é a exploração bem sucedida de novas ideias” (United Kingdon Department of Trade and Industry, 2007). Não basta ter a ideia, é preciso que esta seja viável econômica e tecnicamente para ser uma inovação. Isso é reforçado, por exemplo, pelo conceito de inovação tecnológica proposta por Ashford & Zwetsloot (2000): “Inovação tecnológica é a primeira aplicação comercial bem sucedida de uma nova ideia técnica.”.

As ações inovadoras não se restringem somente ao campo técnico-científico, seu alcance é maior, envolvem áreas da política, da economia e aspectos socioculturais (Puerto, 1999).

Segundo Tidd, Bessant, e Pavitt (2008) a Inovação é dividida em quatro categorias (os “4Ps” da inovação): 1. Produto – modificações nos atributos dos produtos/serviços oferecidos por uma empresa. 2. Processo – mudanças no modo de criar e executar serviços. 3. Posição – mudanças nas situações em que produtos/serviços são apresentados. 4. Paradigma - mudanças na conjectura que norteiam as atividades da empresa. Schumpeter (1934) lista os tipos de inovação como: de Produto, de Processo, Organizacionais ou em Marketing.

Vale notar que nem sempre a inovação está ligada a algo totalmente novo. Segundo o Manual de Oslo (Mortensen, Bloch, & Core group on the revision, 2005) algumas mudanças ou aprimoramentos envolvendo os processo tecnológicos (equipamentos, recursos, métodos de produção/comercialização/trabalho, recursos humanos) sozinhos ou combinados entre si, são considerados inovação. O manual de Pesquisa de Inovação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PINTEC-IBGE) define inovação com referência a produto ou processo novo do ponto de vista da empresa, não sendo, obrigatoriamente, novidade para o mercado ou setor relacionado (IBGE, 2011).

A inovação pode ser dividida em dois tipos básicos: Inovação radical - “inovação que, baseada em uma novidade tecnológica ou mercadológica, leva à criação de um novo mercado, podendo (ou não) acarretar a descontinuidade (*disruption*) do mercado existente”. Inovação incremental: poderia ser definida como “a inovação que incorpora melhoramentos (características técnicas, utilizações, custos) a produtos e processos preexistentes” (Tironi & Cruz, 2008).

Eco-inovação tem sua definição dada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE): aquela inovação que visa reduzir impactos ambientais. Pode incluir valores tangíveis, como produtos, serviços, etc, e não tangíveis, como normas, valores, conhecimento, atos administrativos. Mudanças de gestão, de organização, leis e governança também fazem parte deste escopo (Mortensen *et al.*, 2005). Segundo o Manual de Oslo, a eco-inovação tem sua definição estendida para inclusão do uso de novas tecnologias originalmente desenvolvidas externamente, por outras empresas ou entidades. Portanto a eco-inovação é aquela inovação que é nova do ponto de vista da empresa e que, durante o seu ciclo de vida, resulta em redução dos impactos ambientais comparada a alternativas relacionadas (Arundel & Kemp, 2009).

Fatores que levam a Inovação: oferta (*technology push*): decorrente do progresso da ciência; demanda (*demand pull*): desejos e necessidades dos consumidores, melhoria dos

custos da produção: adequação racional dos processos, consumo de energia, matéria-prima e insumos.

É inegável a importância da Inovação. Porém, para haver inovação há a necessidade da criação de uma conjuntura para propiciá-la, como: linhas de financiamento para pesquisas inovadoras, proteção à propriedade intelectual, fomento para aproximação entre empresas e universidades, incentivos fiscais para o setor privado, tanto para as grandes quanto para as médias e pequenas empresas, incentivos para que estas invistam em inovações que favoreçam o meio ambiente e a sustentabilidade. No setor público é importante que além dos incentivos externos e da adoção de medidas internas, sejam criadas cláusulas nas licitações favorecendo o meio ambiente e sua sustentabilidade (Torres, 2012), tornando-se um instrumento poderoso de pressão (Biderman *et al.*, 2006).

A indústria da Construção tem um importante papel na agenda ambiental dos próximos anos, uma vez que suas atividades são significativamente impactantes. Entre os principais problemas a serem enfrentados estão as questões do consumo energético, a escolha e aproveitamento de materiais e a emissão de resíduos (Carvalho, Guimarães, & Castillo, 2015)

Dessa forma, os grandes desafios serão quanto à escolha dos materiais, desde os mais básicos até os mais específicos, detalhes do projeto quanto ao consumo de energia e de água, entre outros, e tecnologias de construção que viabilizem a redução da emissão de resíduos e consumo de energia. Um projeto que não leva em consideração essas questões pode apresentar grandes danos ambientais (Farias, Medeiros, & Cândido, 2015).

Muitas empresas de construção civil tem utilizado a questão ambiental como forma de marketing, mas aos poucos estão percebendo que com o investimento feito em melhores materiais e em qualificação dos profissionais, dando ênfase aos processos e projetos inovadores, tem conseguido se destacar no mercado. Desenvolver técnicas de gerenciar as inovações será cada vez mais um fator de diferenciação, de vantagem competitiva (Côrtes, França, Quelhas, Moreira, & Meirino, 2011). Um exemplo de inovação tecnológica na construção civil vem da criação de edificações tipo “Passive House”, em que as condições de conforto térmico e de qualidade de interior devem ser atendidas sem que haja necessidade, ou usando o mínimo, de condicionamento artificial (Schnieders & Hermelink, 2006).

No Brasil, os investimentos ainda são pouco relevantes frente às necessidades, tanto na questão dos resíduos gerados quanto na qualificação dos profissionais (Côrtes *et al.*, 2011). Porém, fica cada vez mais claro que com o incentivo à criatividade e inovação é possível

obter grandes transformações e gerar novos mercados (Martens, Kniess, Martens, & Carvalho, 2016). E é esse o melhor caminho para se buscar o equilíbrio entre o mercado e o ambientalmente correto.

Também é importante que o alinhamento com fornecedores e fabricantes que estejam desenvolvendo produtos e técnicas inovadoras para se utilizar em todo o processo produtivo, nos materiais e na mão de obra, e também nos projetos com produtos ambientalmente melhores (Corrêa, 2009)

Nos últimos tempos, devido à grande pressão da sociedade para essas questões, as organizações e as pessoas têm tomado atitudes mais coerentes com as demandas ambientais. Assim, o modelo de organizações inovadoras e sustentáveis é uma resposta organizacional a essas pressões institucionais (Barbieri *et al.*, 2010).

2.3 CICLO DE VIDA DAS CONSTRUÇÕES

A análise de Ciclo de Vida ou *Life Cycle Analysis* (LCA) é uma metodologia de análise de aspectos e impactos ambientais para produtos e serviços ao longo de sua vida. Essa metodologia LCA é baseada na norma ISO14040, que dispõe sobre a forma de trabalho do método, dividida em quatro fases separadas: a) definir os objetivos e também o escopo do que será avaliado, b) criar uma relação ou inventário, c) avaliar os aspectos e impactos levantados e d) analisar os resultados e tirar conclusões. Permite verificar todos os aspectos e impactos causados por produtos e serviços no decorrer de sua vida útil (Ortiz, Castells, & Sonnemann, 2009).

No caso de edificações, começou a ser usada na década de 1990 na avaliação de impactos ambientais (Ortiz *et al.*, 2009). O ciclo de vida das construções pode ser dividido basicamente em três fases distintas:

Construção, incluindo todo o processo de concepção, projeto, além de extração, fabricação, transporte e uso das matérias-primas e insumos. Medidas para conservação de energia em edificações, já na sua fase de design, devem ser consideradas, com o propósito de reduzir a necessidade de contenção da emissão de CO₂ posteriormente na sua operação (Wang, Zmeureanu, & Rivard, 2005).

Os resultados benéficos que tratar a sustentabilidade no seu lado ambiental pode trazer, desde a concepção e projeto do edifício, ao pensar preventivamente nas decisões, desde preocupações com o modo de fabricação de materiais que serão empregados na construção,

seu reaproveitamento ou reciclagem no final da vida útil, desenho da envoltória visando ter melhor aproveitamento do sombreamento e iluminação natural., como será a qualidade do ambiente interno, a influência deste na saúde de seus ocupantes, até questões de eficiência energética dos equipamentos de aquecimento de água, iluminação e condicionamento de ar, são tópicos que devem permear os projetos de engenharia e arquitetura (Degani & Cardoso, 2002). Estas decisões na fase de projeto irão influenciar os impactos do edifício por toda sua fase de operação e até a demolição ou possível reaproveitamento do prédio.

Operação: é o uso efetivo da edificação pelos seus ocupantes, seja ela residencial, comercial, pública, educacional e outras. É o período mais longo do ciclo de vida (geralmente 30 anos ou mais) e em que existe o maior impacto ambiental relativo a consumo de água e energia elétrica (Ortiz-Rodríguez, Castells & Sonnemann, 2012). O ar condicionado e o aquecimento (nos países frios) são os principais consumidores de energia nessa fase (Liu, Shukla, & Zhang, 2014)

Demolição ou requalificação é a última fase. Demolição engloba a desconstrução total do edifício, o transporte dos resíduos para reciclagem de materiais ou reuso dos materiais que forem reaproveitados ou a sua destinação final. Requalificação da edificação para uso diferente, ou reuso do prédio, é uma reforma extensa que prepara o edifício para um novo uso (Huberman & Pearlmutter, 2008). O ciclo de vida das construções é ilustrado pela Figura 2.

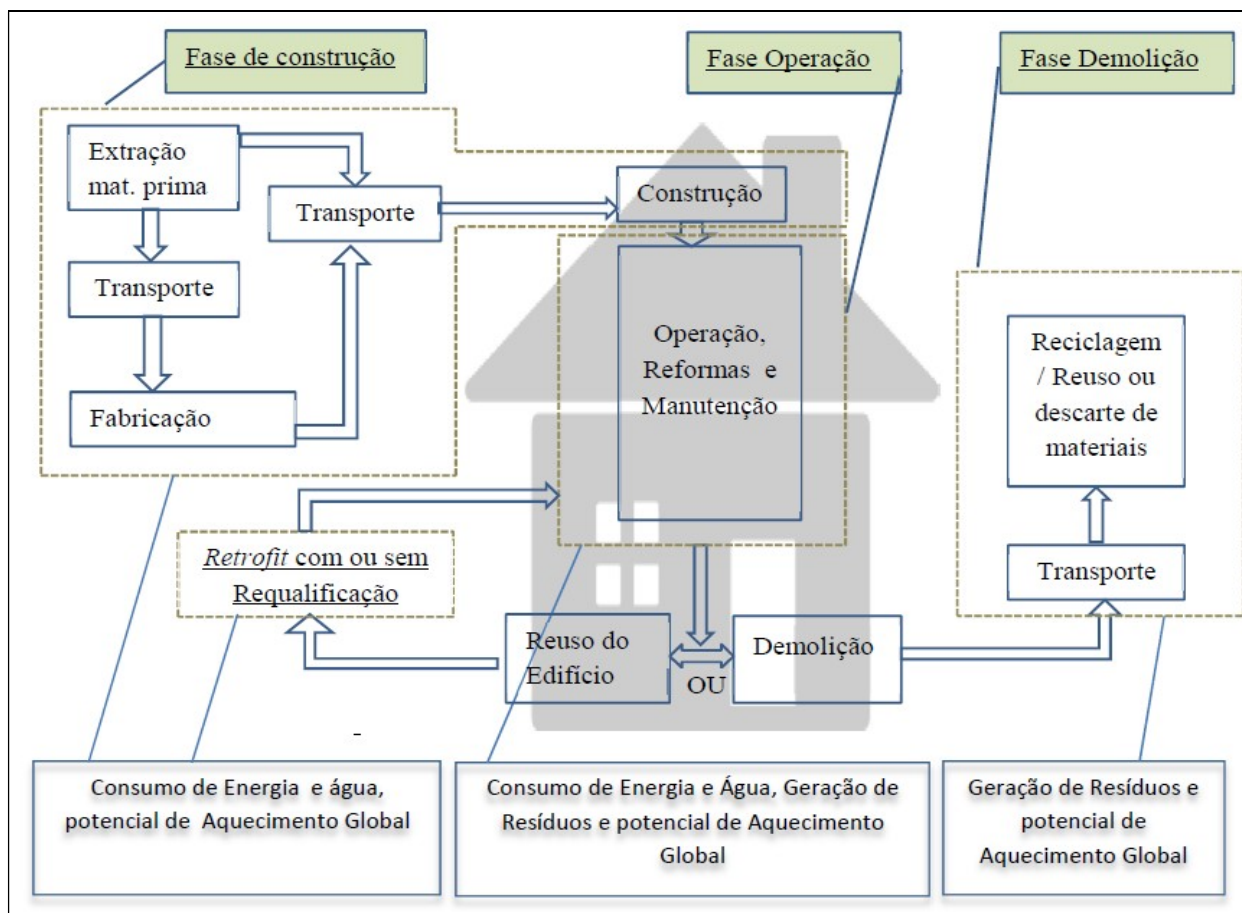


Figura 2. Desenho esquemático do ciclo de vida das edificações. Fonte: autor com base em Taehoon Hong, Ji, Jang, e Park, (2014)).

Requalificação ou reuso do prédio para outra finalidade diferente da original pode ser uma alternativa viável econômica e em termos de sustentabilidade para a demolição do edifício, principalmente em países com herança arquitetônica a preservar, mas não exclusivamente nestes. Estudos mostram a possibilidade desse tipo de solução, mesmo ressaltando que cada caso deve ser analisado separadamente (Shipley, Utz, & Parsons, 2006). Segundo Laefer e Manke (2008) existem a tendência de que esse tipo de solução seja mais adequada em grandes empreendimentos. Para pequenos, às vezes uma solução intermediária, com reaproveitamento de partes do prédio é mais indicada.

A busca pela sustentabilidade vem sendo enxergada como um importante quesito a ser levado em consideração nos projetos de edifícios (considerado fase de construção). (Sedláková, Vilčková, & Burdová, Eva Krídlová, 2015). As edificações existentes nem sempre foram construídas levando em consideração os parâmetros de sustentabilidade e, conforme mostra o ciclo de vida, é na sua fase de operação em que ocorrem os maiores gastos energéticos e emissões de gases de efeito estufa. Isto demonstra a importância de se

considerar reformas voltadas à melhoria de parâmetros de eficiência energética. Custos relativamente baixos para estas reformas podem trazer efeitos satisfatórios a médio e longo prazo para as construções, tornando-as mais sustentáveis (Ma, Cooper, Daly, & Ledo, 2012).

O PROCEL-Edifica pode ser utilizado para avaliar as condições de Eficiência Energética de uma edificação, tanto na fase de projeto como na fase de uso, após a finalização da construção (INMETRO, 2016).

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Por ser um dos maiores consumidores de energia e emissores de CO₂, as edificações necessitam um tratamento especial para melhorias destes quesitos. A eficiência energética em edifícios inclui aspectos de projeto e aspectos de construção, ambos tratados nesta seção. Além disso, a demonstração do desempenho em eficiência energética passa a ter uma importância e o tema da etiquetagem é abordado.

2.4.1 Eficiência Energética

Energia pode ser definida como a entrada (“*input*”) para produção de serviços num sistema (“*output*”), como iluminação, ventilação, resfriamento, aquecimento (Gillingham, Newell, & Palmer, 2009).

Eficiência energética pode ter seu significado entendido como fazer mais com menos, isto é, gastando o mínimo de energia e obtendo o maior resultado em termos de serviço entregue (Pérez-Lombard, Ortiz, González & Maestre, 2009). Para um produto, a eficiência energética é uma característica, como o seu preço, cor, etc. Exemplo: eficiência energética de um ar condicionado é a quantidade de calor que este retira do ambiente por kwh de eletricidade consumida (Gillingham *et al.*, 2009).

Preocupações com preservação do meio ambiente desde a década de 1980 fizeram com que a eficiência energética fosse considerada estratégica (Buck & Young, 2007). O controle de consumo de energia mostra-se cada vez mais fundamental para um desenvolvimento sustentável (Zheng *et al.*, 2009). Segundo Fioretti, Palla, Lanza, e Principi (2010), o gerenciamento do consumo de água e energia no contexto urbano é uma das medidas mais efetivas em direção a sustentabilidade e redução de dióxido de carbono na atmosfera (Fioretti *et al.*, 2010).

2.4.2 Edificações e Eficiência Energética

As construções têm uma grande parcela na agressão ao meio ambiente em termos globais. Representam, segundo autores como Courtney (1999); Hong, Chou, & Bong (2000); Chen, Cook, & Crandall (2013); Praznik, Butala, & Senegačnik (2014), uma das maiores consumidoras de recursos naturais, água e energia elétrica, além de ser um dos maiores geradores de resíduos e de emissões de gases de efeito estufa. O Relatório do *Programme des Nations Unies pour l'environnement* (UNEP, 2011) aponta na mesma direção, colocando as edificações como consumidoras de alto impacto e potencialmente causadoras do aquecimento global. Isto acontece durante todas as fases de seu ciclo de vida (Sedláková *et al.*, 2015).

Este setor vem crescendo em importância, devido à urbanização crescente em várias áreas do mundo, como África e Ásia. Mais da metade da população mundial vive, desde 2007, em espaços urbanos (Madlener & Sunak, 2011). Segundo Chwieduk (2003), tratar a eficiência energética de edificações deve ser o primeiro passo importante no sentido de torna-las sustentáveis.

Na China, por exemplo, com o seu alto índice de crescimento populacional e urbano, a grande demanda por residências e infraestrutura trouxe relevantes desafios para o desenvolvimento sustentável nas suas cidades (Chen, Jiang, Dong, & Huang, 2015). O uso de energia pelas edificações residenciais e não residenciais representa uma parte significativa do total da energia usada em termos nacionais na China. O setor de edificações como um todo responde por 25% do total de consumo de energia e, portanto, a redução do consumo nesta área pode ser significativa, além de importante ajuda na redução na emissão de gases de efeito estufa (Chen *et al.*, 2015)

2.4.3 Principais aspectos técnicos de projeto e construção que influenciam a eficiência energética das edificações

Aspectos importantes devem ser considerados para a obtenção de um desempenho energético satisfatório, tanto na fase de projeto da edificação como em todo seu ciclo de vida. Entre eles o formato da edificação, tipo de fachada, materiais utilizados, condicionamento de ar, tecnologias empregadas, e outros, conforme segue:

2.4.3.1 Envelope (envoltória)

O fluxo de energia e água entre a interface do prédio (envelope) e o meio que o envolve é um importante fator com relação a sustentabilidade e as condições de vida dos ocupantes do edifício. (Kassem, Kaseb, & El-Refaie, 1998). A eficiência da envoltória depende da localização geográfica da construção, pois é ligada a condições climáticas de cada local. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceu a norma 02-135: Desempenho Térmico de Edificações, a qual subdividiu as condições bioclimáticas do país em 8 zonas. Foram criados então 8 arquivos para essas zonas bioclimáticas (ZB), que são usados em cálculos e simulações da eficiência energética de edificações (Lamberts, Ghisi, Abreu, & Carlo, 2005). A Zona Bioclimática onde está inserida a cidade de São Paulo é a ZB-3 (ABNT, 2004).

2.4.3.2 Áreas Envidraçadas

A porcentagem de áreas envidraçadas em relação a área total da fachadas afeta o consumo de energia e no conforto do ambiente. O uso crescente de áreas envidraçadas na envoltória do edifício pode levar a altos ganhos solares que podem impactar fortemente todo o consumo de energia do edifício, cargas de pico e conforto interior (Gomes, Santos, & Rodrigues, 2014).

Grandes áreas envidraçadas nas fachadas dos edifícios são esteticamente agradáveis, fornecem transparência e brilho, mas também podem causar problemas de aquecimento excessivo, obrigando a maior gasto energético para refrigeração, além de poderem interferir no conforto visual dos ocupantes (Gomes *et al.*, 2014). Mas, por outro lado, podem ajudar a reduzir o consumo de energia elétrica.

2.4.3.3 Luz Natural e Sombreamento do Entorno

O aproveitamento da iluminação natural é um auxiliar na redução do gasto energético de edifícios (Carlo, & Lamberts, 2010). Em conjunto com o controle de iluminação, é citado como fator de importância em edifícios energeticamente eficientes (Li & Lam 2000)

A luz natural é acompanhada por um ganho de calor. Quando o nível de iluminância excede os requisitos de design, os benefícios da luz do dia poderão ser penalizados por esse aumento na temperatura, que deve ser compensado por uma maior carga de trabalho no

condicionamento de ar. Portanto, deve haver um equilíbrio entre iluminação natural e conforto térmico (Li, & Lam, 2000).

Aproveitamento da luz natural nos grandes centros nem sempre é possível, devido a concentração de edificações na área urbana (Fernandes & Labaki, 2012), causando um efeito de sombreamento e com isso o consumo por iluminação tende a aumentar (Carlo, & Lamberts, 2010). Conforme Almaiyah e Elkadi (2007) em estudo feito no Cairo, a quantidade de luz natural nas edificações é influenciada pela geometria do entorno, alterando os espaços de reflexão dos raios solares incidentes nas fachadas e no solo. Em alguns sistemas de simulação, se faz uma análise do entorno do prédio e sua influência no sombreamento, para os cálculos termo-energéticos.

2.4.3.4 Materiais, medidas e novas tecnologias direcionadas a EEE

Materiais que proporcionam melhor aproveitamento da luz natural, vidros especiais, filmes polarizados para instalação nas janelas, tintas com maior índice de reflexão solar, telhados verdes, entre outros, são alguns exemplos de como a utilização de materiais adequados podem ajudar a melhorar o desempenho energético de edificações.

A Figura 3 mostra alguns exemplos de medidas de eficiência energética (MEE) e materiais a serem usados na melhoria do desempenho energético de edificações.

MEE / Materiais	Vantagem
Vidros especiais com menor transmitância térmica e de UV	Reduzir o calor e os raios UV associados a luz natural (ARCOweb, 2005) (M. A. M. A. Ferreira, 2009) (Lamberts, Ghisi, Abreu, & Carlo, 2005)
Filme polarizado para janelas sem ou com controle por automação.	Controle da luz natural com economia de iluminação e aquecimento.
Materiais com alta absorção de calor para paredes externas (materiais de mudança de fase)	Redução da necessidade de aquecimento e refrigeração artificiais (Memon, 2014).
Tinta branca para pintura telhado	Reduz absorção de radiação solar
Utilização de cobertura “verde” no telhado ou laje	Melhorar arrefecimento térmico e prevenir efeito “ilhas de calor” (Ferreira, 2009)
Melhorar isolamento das janelas	Melhor aproveitamento do condicionamento artificial (Cheung, Mui, & Wong, 2015)
Aplicar material para melhor isolamento das paredes e teto (poliestireno, por exemplo)	Melhor aproveitamento do aquecimento (climas frios) e refrigeração artificiais. (Karti, 2015) Reduzir perdas por condução (M. A. M. A. Ferreira, 2009)
Ajustar a abertura das fachadas (mais ou menos envidraçadas)	Melhorar aproveitamento luz natural (Cheung <i>et al.</i> , 2015) (Ferreira, 2009)

Procurar melhorar ventilação natural	Reduzir necessidade de resfriamento artificial e melhorar o conforto térmico (Ferreira, 2009)
Substituir lâmpadas convencionais por LEDs	Eficiência energética (menor consumo) (Krarti, 2015) (Ferreira, 2014)
Uso de luz solar “encanada”	Aproveitamento luz natural (redução uso iluminação artificial) (Jenkins & Muneer, 2003)
Uso de brises	Protege contra o excesso de exposição a radiação solar (Venâncio & Pedrini, 2008), (Lamberts <i>et al.</i> , 2005)
Substituir ares condicionados antigos por novos de maior desempenho	Reduzir o consumo de energia mantendo o mesmo conforto térmico (Cheung <i>et al.</i> , 2015)

Figura 3: Medidas de eficiência energética e materiais. Fonte: autor baseado nos autores citados no quadro.

Algumas medidas relativamente simples, conforme mostra o Quadro1, podem ajudar na obtenção de uma eficiência energética com desempenho superior, como pintar paredes e teto com cores claras (Krarti, 2015), substituição dos condicionadores de ar por outros de melhor performance (Cheung *et al.*, 2015), substituição de lâmpadas tipo fluorescente por tipo LED, e outras.

Outra medida é a utilização de cobertura “verde”, constituída de camada de terra e grama (ou outra vegetação) sobre a laje e materiais impermeabilizantes entre esta e a terra. Este recurso ajuda na melhoria do consumo energético, devido às características dessa cobertura: aumento da refletividade da radiação solar, redução do fluxo de calor, ajuda no resfriamento por evaporação e transpiração das plantas, auxílio na estabilização da temperatura interna do ambiente, e no inverno age como um bloqueio aos ventos frios (Feng & Hewage, 2014).

Filmes polarizados e vidros especiais ajudam a reduzir a transmissão de calor do meio externo para o interno, permitindo a entrada somente de luz e com isso auxiliando na iluminação e na economia de energia elétrica para resfriamento (M.A.M.A. Ferreira, 2009; Lamberts *et al.*, 2005)

Materiais com capacidade de armazenar alta quantidade de calor em forma de energia são chamados de materiais de mudança de fase ou *phase change materials* (PCM). Estes materiais são capazes de liberar esta energia armazenada durante a sua mudança de fase a uma temperatura praticamente constante, obtendo-se a mudança do seu estado físico apenas. Esta energia em forma de calor latente pode ter valores positivos ou negativos, dependendo de se o material absorve ou libera energia calórica (Sharma & Sagara, 2005).

Podem ser citados como exemplos alguns tipos de parafina encapsuladas em microcápsulas. Estas microcápsulas então são misturadas a materiais adequados, formando

argamassas ou servindo para construção de painéis a serem usados nas construções, para aproveitar a característica de grande capacidade de armazenamento de calor latente destas microcapsulas. A Figura 4 mostra a capacidades de armazenamento de calor de materiais.

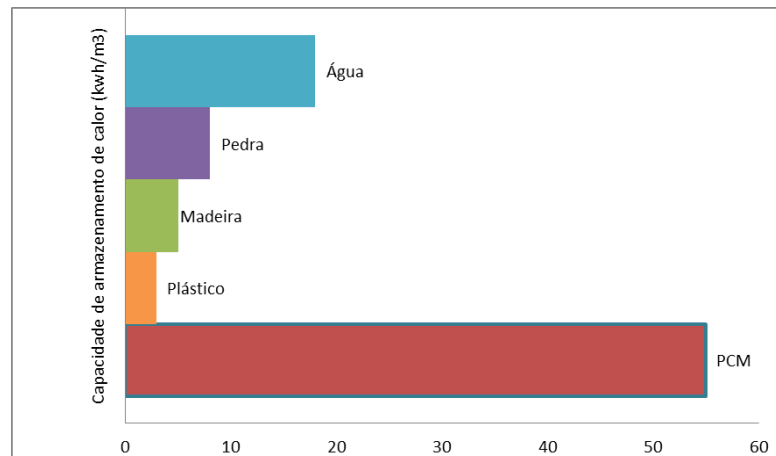


Figura 4: Capacidade de armazenamento de calor. Fonte: autor baseado em Monteiro *et al.* (2005).

Usar materiais tipo Phase Change Materials (PCM) nos envelopes das edificações ajuda a armazenar energia térmica e, portanto reduz a demanda por aquecimento, ajudando na eficiência energética e na mitigação dos impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis para produzir energia (Memon, 2014). Estes tipos de componentes, devido ao efeito de latência em que o calor do meio externo é absorvido durante o dia e transmitido com defasagem de tempo para o meio interno, provocam uma menor variação térmica interna em dias frios. O mesmo vale para dias quentes, a diminuição da temperatura é "acumulada" e liberado durante o dia (Zhou, Zhao, & Tian, 2012). São especialmente indicados em climas com grande variação de temperaturas, isto é, com elevada amplitude térmica. Uma desvantagem a ser citada é o custo desses materiais, ainda alto.

Passive House (do inglês "casa passiva") é um tipo de construção voltada a proporcionar conforto aos seus ocupantes com o mínimo uso de energia, ao utilizar o máximo possível de tecnologias passivas de aquecimento e resfriamento, aproveitando-se do clima da região, sombreamento, materiais e outras medidas naturais de controle de temperatura e conforto. Construções que naturalmente possuíam estas características já existiam em muitos lugares do mundo e há bastante tempo, porém o termo foi cunhado na década de 1980 como um conceito.

Com o passar do tempo o conceito foi tendo uma boa aceitação em termos mundiais, e estabeleceu-se um padrão para construções "*Passive House*", baseado em uma série de

tecnologias, design e materiais. Este padrão é controlado pelo Passive House Institute, na Alemanha, que define as diretrizes e se utiliza de uma certificação criada para atestar que a construção esteja aderente ao padrão estabelecido (Müller & Berker, 2013). Este padrão é uma derivação do padrão de casa de “baixa energia”, isto é, um conjunto de medidas e materiais de edificações que garantem um clima interno de conforto térmico em qualquer estação climática, sem necessidade (ou com o mínimo de necessidade) de aquecimento artificial (Schnieders & Hermelink, 2006).

Para um melhor aproveitamento as edificações do tipo Passive House devem ter a sua definição já na fase de conceituação do projeto, na qual os custos para implantação dessas medidas são mais baixos. O arquiteto e o engenheiro trabalham em cima de técnicas voltadas a sustentabilidade e a evitar o consumo excessivo de recursos na fase de construção e na fase operacional da edificação (Sadineni, Madala, & Boehm, 2011)

Construções já existentes que não foram feitas dentro do conceito de *Passive House* necessitam de reformas para que possam ter melhor desempenho em eficiência energética, conforto térmico e outros, conforme mostram Moran, Blight, Natarajan, e Shea, (2014) na utilização da ferramenta Passive House Planning Package (PHPP) para reformas em edificações antigas na Inglaterra. Para se tornar efetivamente uma edificação que atenda a todas as especificações de “*Passive House*”, o ideal é que seja pensada com esse objetivo desde a sua concepção.

2.4.3.5 Automação

Uma forma de obter ganhos de eficiência é a utilização de tecnologias de automação. Alguns tipos de tecnologias de automação para edificações disponíveis são exemplificados na Figura5.

Tecnologia	Oportunidade de melhoria
Automação da iluminação	Eliminação ou redução de desperdícios por controle mais efetivo, independente do usuário ou facilitado para ele. Possibilidades de criação de “cenas” (power-off geral, por exemplo)(Li, 2013)
Automação do Ar-condicionado	Devido ao alto consumo, um controle melhorado, por meio de sensores e controles automatizados pode trazer economia significativa no consumo de energia (Agarwal <i>et al.</i> , 2010)
Sensores em locais de passagem	Evitar luzes acesas desnecessariamente (Roisin <i>et al.</i> , 2008)

Película polarizada com controle de transparência	Assim chamadas janelas “inteligentes” ajudam a controlar a incidência de luz solar, melhorando a sensação térmica e otimizando o uso de refrigeração e aquecimento artificiais (Azens & Granqvist, 2003).
---	---

Figura 5: Tecnologias de automação de edificações. Fonte: autor baseado nos autores citados no quadro.

Na automação da climatização do ambiente um dos pontos a se levar em consideração é o ajuste da temperatura (*setpoint*) do(s) aparelho(s) de ar condicionado adequados aos perfis dos usuários, atendendo ao requisito de conforto térmico. O artigo de Yang e Becerick-Gerber (2014) cita a divisão dos ambientes de climatização de acordo com os “*profiles*” de usuários, propondo inclusive um rearranjo na ocupação dos espaços de acordo com estes perfis. Obviamente há uma dificuldade em organizar os espaços em função do perfil das pessoas, uma vez que os aspectos de organização do trabalho são predominantes.

Além das melhorias citadas na Figura 5, a automação pode ser útil na captura de dados relativos ao consumo energético da edificação, possibilitando o uso de técnicas de análise de dados, como Big Data, para avaliar padrões de comportamento e gerenciamento da energia (Fernández, García, Alonso, & Casanova, 2016)

Modelos pré-estudados de comportamento dos usuários e aparelhos ajudam a otimizar os sistemas de automação voltados a eficiência energética (Baldi, Michailidis, Ravanis, & Kosmatopoulos, 2015). Conhecendo o comportamento destes e com a ajuda de recursos de Tecnologia da Informação e de Inteligência Artificial, é possível se obter ganhos nas funções energéticas (Merino, Martínez, & Guzmán, 2015).

Um novo patamar na automação deverá ocorrer com a implantação da Internet das coisas (*Internet of Things* – IoT ou *Web of Things*). Com uma maior comunicação entre sensores, controladores e os “objetos” habilitados a se comunicar nesse protocolo, serão possíveis um maior e melhor gerenciamento e controle das edificações. Existem algumas barreiras e alguns argumentos contra para que isso ocorra: a infraestrutura envolvida na forma como os aparelhos se comunicam com a Internet e entre si têm que sofrer uma mudança radical, questões ligadas à privacidade devem ser levantadas, novas regulamentações devem ser criadas, novos esquemas de segurança de dados, estão entre os obstáculos a serem superados. Porém independente disso, a implantação dessa tecnologia é irreversível e deve causar uma grande inovação social, econômica e de serviços (Dutton, 2014).

Na fase de projeto ou na fase operacional da edificação, várias tecnologias podem ser incluídas para garantir ou melhorar a eficiência em termos energéticos. Energias renováveis, como painéis solares e geradores eólicos, tubulação especial para aproveitamento da luz solar, entre outros, são recursos de que os proprietários ou administradores do edifício podem lançar mão no sentido de obter melhorias na eficiência energética do prédio (Scalco *et al.*, 2012).

2.4.4 Aspectos econômicos da eficiência energética em edifícios

Inovações em Eficiência Energética trazem um expressivo número de oportunidades de redução de consumo energético e custos ao longo do tempo (Harvey, 2009). No entanto, deve-se notar que a implantação destas traz também oportunidades para melhorias no conforto térmico ou na qualidade da iluminação, o que pode levar a um aumento de consumo.

O desenvolvimento de melhor isolamento, mudanças nas fachadas e materiais nas envoltórias (Peng, Wang, & Zhang, 2014), melhorias nos equipamentos de refrigeração e uso de inovações tecnológicas estão entre as medidas que podem ser tomadas pelos proprietários. Um estudo demonstrou que inovações ou características avançadas de sustentabilidade podem aumentar o custo total de um projeto de construção e devem ser estimadas independentemente (Morris, 2007). Um estudo da percepção dos profissionais de construção feito no Canadá demonstrou que os custos são a principal barreira para se investir em práticas verdes (Issa, Rankin, & Christian, 2010). Outros estudos citados pelo *Green Building Council* dizem que essa visão do construtor de que custos altos são as principais barreiras para a construção de edifícios “verdes” difere da realidade mostrada em novas pesquisas (WGBC, 2013). Estudos mais recentes constataram queda no custo adicional para se criar edifícios ambientalmente mais sustentáveis: segundo estes estudos estes custos podem girar em média entre 5,1% a 10,5 % no custo da construção (Moulin Netto, 2010).

O investimento ambiental, segundo previsão da *United Nations Environment Programme* (UNEP), trará grande melhoria no consumo de energia, tornando esse consumo mais eficiente e, em setores de uso acentuado de energia, praticamente desvinculando o crescimento econômico do consumo. Investimentos em eficiência energética, por exemplo, devem trazer uma redução de 16% na emissão de CO₂ na atmosfera até 2050 (United Nations Environment Programme, 2011)

Por exemplo, na Austrália, em 2008, um fundo foi criado com a finalidade de incentivar iniciativas para mitigar as mudanças climáticas. Este fundo busca investir em

melhorias no consumo de energia, causa da emissão de gases de efeito estufa em edifícios comerciais. É formado por uma parceria entre indústria, empresas e governo e é conhecido como “*Green Building Fund*” (GBF) (Siew, 2015).

O contexto econômico do país é um fator que pode facilitar ou dificultar as linhas de investimento em eficiência energética das edificações. No caso dos juros praticados estarem altos, este tipo de investimento pode não ser atrativo, devido ao retorno ser menor do que o obtido no mercado financeiro. Esta observação é baseada na teoria de Keynes que “..ênfatiza a volatilidade das decisões de investimento e sua dependência em relação à eficiência marginal esperada do capital e à taxa de juros” (Melo & Rodrigues Júnior, 1998, p. 2).

Outro fator que pode influir na oferta de investimentos desse tipo é o preço da energia: se houver uma tendência de alta, pode haver um crescimento neste tipo de mecanismo, enquanto que em períodos de queda de preços, existirá uma barreira natural para isso, empurrando a tendência de liberação de linhas de crédito para baixo (Kumbaroğlu & Madlener, 2012).

Esta variação de preços da energia também pode interferir na decisão do proprietário ou administrador do imóvel, viabilizando ou adiando investimentos em reformas voltadas a eficiência energética (Kumbaroğlu & Madlener, 2012).

2.5 CERTIFICAÇÕES E ETIQUETAGEM DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

Como avaliar se uma edificação pode ser considerada sustentável? E em relação ao meio ambiente, quais construções podem ser chamadas de “Verdes”? Quais são os quesitos a serem verificados nos dois casos? Para atender a essas questões foram criados Selos e Certificações voltadas para os aspectos ambientais e de sustentabilidade. Vários países criaram seus próprios sistemas de certificação com seus critérios e métodos e utilizam desses para avaliação e regulamentação (Lyin *et al.*, 2006) e até para regular de mercados por meio de obrigatoriedade de certificados nas transações imobiliárias, como é o caso do EPC (Energy Performance Certificate) na Itália e em outros países europeus (Tronchin & Fabbri, 2012).

Na linguagem da eficiência energética de edificações, alguns termos têm o seu entendimento às vezes confuso. Os estudos de Leipziger (2013) e Pérez-Lombard, Ortiz, González e Maestre (2009) procuram trazer alguma luz e explicar o significado destes, que serão utilizados neste texto.

Diferença entre certificação energética e classificação energética: a primeira engloba a segunda, além de outras informações como índice de desempenho energético (EPI, no caso europeu), variáveis energéticas da edificação, mínimo índice admissível e sugestões de melhoria energéticas (Pérez-Lombard *et al.*, 2009). A Figura 6 demonstra um esquema de certificação energética de edificios usada na Europa, para melhor visualização das diferenças

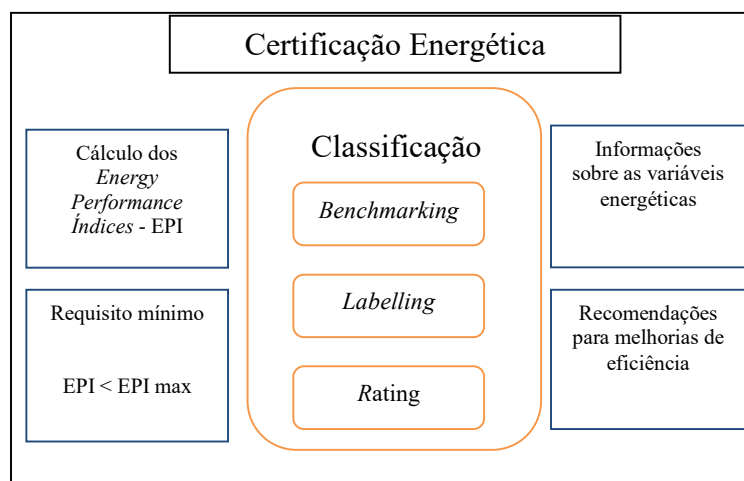


Figura 6: Esquema de certificação Europeu. Fonte: autor, com base em Pérez-Lombard *et al.* (2009)

A classificação se dá por três possíveis métodos: “*benchmarking*”, “*labelling*” (etiquetagem) e “*rating*”. Explicações para cada um destes métodos foram estudadas e demonstradas por Pérez-Lombard *et al.* (2009), para o contexto europeu :

Benchmarking: é a razão entre o EPI de um edifício em relação à média levantada por um banco de dados de edificios semelhantes. O Índice mais comumente usado é o uso anual de energia por unidade de área ($\text{kWh/m}^2 \text{ p/ ano}$). Mas outros podem ser usados, como energia usada por leito (para hospitais, por exemplo).

O *benchmarking* é composto por quatro etapas: a) criação de um banco de dados de consumo de energia para edificações semelhantes, a fim de se extrair uma média. B) medição do desempenho energético do edifício a ser avaliado, pelos mesmos critérios utilizados no banco de dados do item a). c) É efetuada a comparação entre o índice de desempenho energético *Energy Performance Index* (EPI) medido e o EPI médio, extraindo-se assim a classificação. D) Sugestões para melhoria da eficiência energética, se necessárias, são feitas com base na classificação e nas avaliações de viabilidade econômica e técnica.

Labelling (Etiquetagem): foi introduzida na Europa na década de 1990 para equipamentos elétricos e, devido ao sucesso da iniciativa, foi estendida para edificações em torno de uma década depois (na diretiva 2002/91).

É definida como a atribuição de uma classe ou etiqueta (selo) para o edifício. Esta etiqueta é criada por normas e é constituída de uma escala formada pelos índices de etiquetagem. Essa escala normalmente é formada por letras A até a menor escala (exemplo: de A a G), sendo para o edifício mais eficiente atribuído a etiqueta A e o menos eficiente a etiqueta com a letra de final de escala (exemplo: G).

Rating: é um termo que causa confusão. É usado às vezes para se referir a classificação energética, outras vezes a sua aplicação (da classificação) e às vezes como o resultado final da classificação.

Genericamente, “*energy rating system*” se refere um sinônimo de “*energy classification*”, isto é, uma metodologia para se chegar a qualificação energética de um edifício. Um exemplo é o “*Home energy rating system*” (HERS), utilizado pelo programa Energy Star, nos EUA.

Em alguns artigos, os termos *energy rating systems* e *building energy certification* são usados para definir o mesmo processo.

Na diretiva europeia 2002/91, *energy rating* é a medição do desempenho energético de um edifício.

Existem, segundo a norma EN 15603 (CEN, 2008), dois tipos de *rating*: O primeiro deles é o Calculado, elaborado por meio de simulação computadorizada que leva em consideração sistemas de ar condicionado (HVAC), aquecimento de água doméstico e iluminação. É dividido em dois subtipos: padrão (chamado de “*asset rating*”), que pode ser calculado na fase de design, no caso de edifícios novos na construção e também pode ser avaliado para edifícios já existentes. Este subtipo não depende do comportamento do usuário, nem do clima efetivamente encontrado e nem das condições internas, pois trabalha com valores padrão para vários parâmetros e condições climáticas que são obtidos pelo resultado de várias simulações. O outro tipo é o Medido (operacional): com base na medição real por medidores instalados na edificação.

2.5.1 Indicadores de eficiência energética usados nas certificações

Para se avaliar a eficiência energética dos edifícios, foram desenvolvidos vários indicadores de desempenho, conforme o tipo de abordagem. De acordo com Goldstein e Eley (2014), os mais comuns são listados a seguir:

- índices de classificação de ativos (*asset ratings*). Estes indicadores mostram quanto eficiente energeticamente é a construção, a partir de modelos pré-definidos. Por exemplo, a pontuação do PROCEL-Edifica, com uma escala de níveis “A” (acima de pontuação 4,5) a “E” (pontuação abaixo de 1,5);
- índices operacionais: são indicadores práticos, partem de medidas reais de uso de energia e as compara com edificações da mesma natureza e características para obter o seu grau de eficiência energética. Exemplo: selo Energy Star (EUA);
- os indicadores O&M tem relação com a forma como o prédio está sendo operado e mantido, a partir de comparações de medidas reais de energia elétrica com valores obtidos por simulação, tendo por base o próprio prédio; e
- os indicadores de Serviço por sua vez indicam a razão entre os dados energéticos reais e o simulado a partir da modelagem padrão de um prédio similar genérico teórico.

Destaque-se que a norma ASHRAE 90.1 serviu de base na definição de vários indicadores. Os indicadores de energia do sistema de certificação Leed (EUA) são basados nessa norma (Romero & Reis, 2012). O desenvolvimento da etiquetagem do PROCEL-Edifica (Brasil) leva em conta os padrões definidos por ela para sistemas de aquecimento e resfriamento (INMETRO, 2016).

2.5.2 Forma de obtenção dos indicadores:

Classificação de Ativos (Asset Ratings): são índices baseados em desempenho energético “simulado”, por meio de valores de medidas características, como áreas da fachada, percentual de fachada envidraçada em relação ao total, dados de fabricantes de equipamentos, como potência de ar-condicionado, motores, lâmpadas, etc. Além disso, usa valores padrões na simulação, como condições climáticas padrão, taxa de ocupação, período de uso, carga e gestão (Goldstein & Eley, 2014). O valor obtido pela simulação é dividido por um valor padrão (ou comparado com este), ou de referência, para aquele tipo de edificação, obtendo-se um valor absoluto para o indicador.

Operacionais: derivam do gasto energético efetivamente avaliado em um período de tempo, medido pelas contas de eletricidade, gás e outros combustíveis consumidos. É obtido então um valor de eficiência que depois é dividido por um valor obtido de medições feitas em edifícios “base” semelhantes, com mesma área “condicionada” do prédio avaliado, ajustada

para condições operacionais dessa edificação, isto é para o tipo de uso do prédio, como por exemplos: educacional, comercial, etc. Por exemplo, o selo Energy Star usa como valor base de comparação os dados obtidos por regressões estatísticas e dados de consumos derivados dos relatórios do *Commercial Buildings Energy Consumption Survey* (CBECS), americano.

Operação e manutenção (O&M): é calculado pela razão entre o gasto energético do prédio, como no índice operacional, dividido por um valor obtido de modelagem simulada do próprio edifício, ajustada para as condições reais.

Índice de condição energética (*Energy Service Index*): razão entre os dados energéticos reais e o cálculo do desempenho energético a partir de uma modelagem padrão de um prédio genérico teórico, idêntica à obtida no indicador de Classificação.

É importante apontar, como Goldstein e Eley (2014) o fazem, que a precisão dos valores obtidos nos indicadores de Classificação de Ativos, O&M e Energy Service, dependem em grande parte da correção da modelagem utilizada: as premissas usadas corretamente e a precisão do modelo.

Categorias analisadas para definição da classificação da Eficiência Energética de edifícios. São basicamente, seis (Leipziger, 2013):

- Consumo de energia
- Formas de Medição de energia
- Área de piso
- Tipo de edificação
- Métrica de comparação (escala de desempenho)
- Finalidade da energia

2.5.3 Quantificação de Consumo de Energia:

O consumo de energia para os certificados ou selos ou etiquetas, pode ser dividido em dois tipos: aquele “real” medido pelas contas de energia e outro “estimado” com a ajuda de um *software* ou não, por meio de simulação virtual de um modelo de edificação ou cálculos. Metodologias que usam um modelo para simulação de uso de energia são denominadas classificação de ativos (*asset rating*) ou classificações calculadas (*calculated ratings*). Essas denominações derivam da suposição do desempenho energético baseado nas características do prédio em si, fixas, em oposição à medição por período, que pode variar bastante de acordo com mudanças nos parâmetros de medição.

As modelagens utilizam como entradas valores de características do prédio, como área de piso, tipo de edifício, etc. Quando esses valores são “padronizados” o valor encontrado na simulação é denominado padrão (*standard rating*). Quando os valores de entrada são particularizados para aquela edificação, por consequência do uso não padronizado ou de mix de tipos de uso, o valor calculado é chamado de customizado (*tailored rating*).

A metodologia em que se utilizam medições reais de consumo de energia é denominada “*measured rating*”. Também é chamada de “*operational rating*”, devido ao fato de refletir medidas relacionadas a operação do edifício. Mesmo esse tipo de *rating* se utiliza de alguns valores padronizados para o cálculo, por exemplo dados típicos de uma determinada zona climática. Ainda assim, alguns certificados podem utilizar padronizações diferentes. O *Energy Star*, dos EUA, utiliza padronização para todo tipo de energia enquanto o alemão *Energieausweis* usa valores padrões de clima apenas para dados de consumo de energia para aquecimento (Leipziger, 2013).

2.5.4 Formas de medição da energia:

Um parâmetro importante a ser levado em conta é o que mostra o consumo do edifício. Algumas ferramentas de rating utilizam a energia gasta no edifício subtraindo desta as perdas na geração e transmissão. Outras levam em consideração a energia marcada no medidor de consumo. Outras ainda, a energia produzida localmente, calculando a energia efetivamente consumida como a medida menos a produzida (por painéis solares, energia eólica, etc) (Leipziger, 2013)

O tipo de energia utilizado pelo sistema de avaliação, de acordo com Leipziger (2013) depende do objetivo deste. Aquele que usa energia entregue, ou seja, aquela que é mostrada no medidor do edifício, ou a energia final (soma da entregue mais a gerada localmente) objetiva o aspecto da economia que pode ser conseguida por atitudes de consumo de usuários finais. Os que trabalham com energia total (energia entregue e final menos perdas na geração e transmissão) estão movidos por uma visão mais abrangente de mitigação de danos por medidas visando reduzir impactos ambientais. Alguns, como o chinês MOHURD, usam uma combinação dos dois tipos: entregue e total. Energy Star (EUA) e Naber (Austrália) usam indicadores operacionais para determinar a energia entregue, mas trabalham com ferramentas que fazem a extrapolação para cálculo da energia total no cálculo da pontuação que define a classe do edifício (Leipziger, 2013)

2.5.5 Área de Piso:

Uma medida bastante usada em edificações é a da área de piso. Sistemas de avaliação de eficiência energética não utilizam essa medida sempre da mesma forma. Algumas definem a área do edifício como a área correspondente de piso num espaço climatizado, outras combinam também os espaços não climatizados artificialmente. Além disso, as medidas referem-se à área líquida, bruta ou área “rentável”. Diferentes locais tratam e exigem umas ou outras de acordo com a sua política, não há uma padronização.

Espaços climatizados são aqueles que estão sujeitos a aquecimento ou resfriamento artificial. O restante dos espaços é não climatizado. De acordo com Leipziger (2013), os sistemas de avaliação DPE, na França e HERS, nos EUA, definem espaços a serem avaliados nas construções residenciais como somente aqueles que possuem climatização mecânica (artificial). Isto se deve ao fato de que nas residências, 52% do consumo energético é devido ao condicionamento artificial, contra 30% nos edifícios comerciais.

A área bruta do piso é a medida mais usada para definir a área do edifício, representa a área do piso calculada de fora a fora sem subtrair espessura de paredes. Geralmente é usada no registro do imóvel em órgãos responsáveis. A área líquida é medida internamente, portanto exclui a espessura de paredes e colunas. No caso dos sistemas de *rating*, existem definições diferentes sobre o que é excluído ou não para o cálculo. O sistema alemão *Energieausweis* usa a área de piso “líquida bruta” em que se calculam todas as áreas tratadas termicamente, menos as paredes internas e externas (Cohen, Bordass, & Field, 2007).

Área rentável ou locável do edifício é o espaço no prédio em que existe a geração de receita. É importante parâmetro para sistemas de avaliação de *rating* de construções residenciais multi-inquilino e não residenciais locáveis. A forma de cálculo varia: por exemplo, o sistema Nabers (Austrália) usa o tipo de espaço e o valor de área locável, as residências são dimensionadas pelo número de ocupantes enquanto hotéis o são pelo número de hóspedes (Leipziger, 2013).

É importante ressaltar que deve haver uma padronização nas medidas, o que é uma obrigação dos organismos que determinam esses padrões em relação aos padrões usados no mercado. Se um edifício será comparado com uma base de dados de edifícios iguais, as métricas para comparação devem ser padronizadas, para as comparações fazerem sentido. Isto

nem sempre tem acontecido, o setor de edificações possui vários padrões e métricas e carece de uma simplificação e melhor padronização (RREEF Real Estate, 2012).

2.5.6 Tipo de Edificação:

Cada sistema de avaliação tem suas próprias regras para avaliar cada tipo de edifício. Estas regras de avaliação em geral englobam três categorias: residencial (familiar ou multifamiliar) ou não-residencial; existente ou novo; e público ou privado.

A idade da construção é um importante parâmetro para uma política de avaliação. Para edifícios antigos, pode haver um método de avaliação diferente dos novos, como é o caso da França, que trata os prédios construídos antes de 1948 por um processo de avaliação diferenciado (Leipziger, 2013). Prédios recém-construídos ainda não possuem um histórico de gastos reais obtidos por contas de energia, porém é importante ter uma medida de sua eficiência energética, geralmente feitas por meio de avaliações que utilizam o método de simulação. Até os edifícios em fase de projeto podem ser avaliados, como é feito no selo PROCEL-Edifica. Após a construção este selo perde o valor e o edifício é auditado para verificar se a construção está dentro dos parâmetros do projeto.

A duração dos selos de eficiência energética é variável de local para local, ou por tipo de certificação. Sistemas que trabalham com indicadores operacionais via de regra tem sua duração mais curta, pois são mais fáceis de serem recalculados e devem ser calculados mais frequentemente porque podem mudar em curtos períodos de tempo, reflexo do operacional do edifício. O selo Energy Star (EUA), por exemplo, tem duração de 1 ano enquanto o PROCEL-Edifica para Projetos é válido por 5 anos e para Edificações construídas não tem vencimento.

Não existe um padrão internacional para definir o que são edifícios públicos ou privados. Na China, edifícios públicos incluem todos os edifícios não residenciais, enquanto na França, por exemplo apenas construções que abrigam órgãos governamentais são considerados “públicos”; no Brasil consideram-se públicos edifícios de órgãos governamentais e autarquias (institutos de pesquisa, universidades, etc) . Portanto, há que se considerar estas distinções quando no cálculo da eficiência energética, pois prédios públicos em geral tem a sua própria regulamentação e normas para esse tipo de cálculo (Leipziger, 2013)

Finalmente, construções residenciais ou não residenciais são distinguíveis por definição. Existem alguns casos de residências multifamiliares que podem ser considerados como “comerciais” ou não residenciais, mas são exceções.

2.5.7 Métrica de comparação:

Para haver formas de comparar edificações devem ser estabelecidas métricas de comparação. As unidades de medida mais utilizadas para isso são: kWh/m².ano para unidade de consumo e W/m² para unidade de potência (Roméro & Reis, 2012).

Pode-se comparar o resultado de um prédio com o seu igual – desempenho relativo, ou com um valor definido – desempenho absoluto. O primeiro pode ser construído a partir de dados de análise estatísticos (estatístico), baseados num universo determinado de construções, ou a partir de um prédio e seu perfil energético (simulado) a partir do padrão típico para aquela edificação encontrado no mercado. Este prédio pode ser definido por meio do resultado de uma média determinada estatisticamente a partir de um conjunto de dados referentes a consumo de energia de prédios semelhantes. Um exemplo é o *Commercial Buildings Energy Consumption Survey* (CBECS), nos EUA, um questionário cujo resultado tratado estatisticamente é usado pelo selo Energy Star. Outra forma de criar um edifício de referência se dá por meio da modelagem usando simulação e com o uso de valores padrão para alguns parâmetros.

Após a geração do edifício padrão (*benchmark*), pode ser feita uma escala de comparação de entre este e o prédio em avaliação, conforme um determinado sistema de avaliação ou um padrão definido pelo mercado. O edifício real deve ter um desempenho igual ou acima do padrão (Laustsen, 2008).

As comparações são expressas numa escala em que são definidos os valores resultantes e os selos são atribuídos de acordo com o resultado da avaliação. No caso do PROCEL-Edifica, por exemplo, são atribuídas etiquetas definidas por letras de A até E (escala discreta); no Energy Star é calculado um valor de 1-100 (escala contínua). Segundo estudo de Backhaus, Tigchelaar, e de Best-Waldhober (2011), a escala contínua causa mais confusão aos usuários da união europeia do que a escala discreta. Já a escala discreta pode acarretar análises diferentes para um mesmo prédio que se encontra muito no limite entre duas classificações.

2.5.8 Finalidade de uso da Energia:

Conforme Leipziger (2013) uma atividade ou processo que consome energia em uma edificação é chamado, nos sistemas de avaliação, de utilização final da energia. Pode também ser chamado de carga ou demanda de energia. Refrigeração e aquecimento de ambiente, iluminação, ventilação artificial, aquecimento de água e demais cargas, são exemplos de utilização final de energia.

Os diversos sistemas de avaliação levam em consideração determinados tipos de energia, o que pode ser considerado um fator importante de diferenciação entre eles. A consideração ou não a respeito de uma utilização final (aquecimento de água, por exemplo), pode fazer uma diferença grande no resultado final da avaliação.

Diferentes tipos de edifício também podem ter distintas utilizações finais avaliadas, de acordo com os sistemas adotados. Geralmente, os usos avaliados são definidos pelas prioridades dos profissionais e legisladores que lidam com eficiência energética local e que criam os sistemas de avaliação (Leipziger, 2013).

2.5.9 Etiquetagem e Certificações

Para avaliar a eficiência ambiental e/ou de sustentabilidade de edificações, foram criadas algumas normas e procedimentos definidos em certificações e selos ambientais e de sustentabilidade. Para efeito de padronização, vários países criaram instrumentos de mensuração com indicadores para diversos aspectos, como por exemplo, os certificados LEED (Estados Unidos), BREEAM (Reino Unido), HQE (França), BEPAC (Canadá), CASBEE (Japão), NABERS (Austrália), LIDERA (Portugal), entre outros (Santo, 2010).

Do ponto de vista histórico, a França e os EUA foram os primeiros países a ter uma regulamentação sobre consumo de energia em edificações, na década de 1970, após a crise do Petróleo de 1973 (Roméro & Reis, 2012). Na Dinamarca, houve a exigência de classificação de eficiência energética em edificações a partir de 1992 para edifícios comerciais e a partir de 1993 para edifícios residenciais (Leipziger, 2013). Em 1995, foi criado o selo voluntário Energy Star, nos Estados Unidos, pela United States Environmental Protection Agency (EPA).

Na Europa, a European Council Directive 93/76/CEE definiu a certificação em eficiência energética como uma das bases para a redução da emissão de CO₂ na atmosfera.

Esta certificação era não obrigatória e ambígua. Não teve muita repercussão entre os estados da União Europeia (Pérez-Lombard *et al.*, 2009).

Um impulso importante foi dado em 2002, com a criação da diretiva da União Europeia *Union Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD) (Leipziger, 2013). Segundo Pérez-Lombard *et al.* (2009), esta diretiva chamada 2002/91/EC, foi melhorada em relação aquela de 1993, mas também não muito clara, deixava algumas definições em aberto. Exigia a certificação de edificações, mas não continha a definição exata do que seria eficiência energética de edifícios e nem a forma exata de como se fazer as medições desta, criando, portanto, dúvidas para sua implementação. Para Leipziger (2013), apesar disso, foi bem sucedida no aspecto de ter sido seguida pela criação de classificações energéticas em 31 países europeus. Posteriormente foram criadas normas na China e Austrália; 24 cidades americanas também criaram legislações obrigando os edifícios a ter uma classificação energética.

Em 2007 foi publicada a norma europeia EN 15217, a qual detalhou meios de expressar a eficiência energética e como serão as certificações nas edificações. Estes certificados são mais claramente esmiuçados e é desenvolvido um esquema de certificação. Esta deve conter informações de eficiência energética, sobre como a energia é utilizada e opções de melhorias nas condições energéticas da edificação (Pérez-Lombard *et al.*, 2009).

No Brasil, já existiam algumas iniciativas governamentais no sentido de redução no consumo de energia e com a crise energética de 2001, de certa forma, foi aceso um “sinal amarelo” para os governos, os quais passaram a ter uma preocupação maior com consumo de energia (Menkes, 2004), passando a criar legislações e normas a respeito do assunto. A publicação da diretiva europeia *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD), em 2002, foi outro fator de incentivo para que houvesse no país um aumento de iniciativas de melhorias de eficiência energética nas construções.

2.5.10 Etiquetas e Certificações no Brasil:

Segundo Scalco *et al.* (2012), a regulamentação do uso da energia é usada estrategicamente por governos para melhorar a eficiência energética. Na China, um dos 10 programas chave do 11º Plano Quinquenal governamental (2002-2006) foi o de eficiência energética em edificações (Yu, Yang, Tian, & Liao, 2009). No Brasil, algumas legislações foram criadas a respeito do uso da energia. Entre elas, Aguiar *et al* (2017) destacam Lei nº

9.427, de 1996, que instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a Lei nº 9.478, de 1997, que criou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), a Lei nº 9.991, de 2000 que trata de “investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica” (citar livro Alexandre), porém somente após a crise de energia em 2001 foi outorgada uma lei específica sobre o uso racional de energia e outras vieram na sequência, sendo que em 2014 foi tornada obrigatória a etiquetagem nível “A” no selo PROCEL-Edifica para os edifícios públicos novos ou reformas que ultrapassem 500 m² de área envolvida.

A Figura 7 apresenta uma relação com as principais legislações a respeito da eficiência energética relacionadas a esse estudo, a partir de 2001.

Lei ou Instrução Normativa	Conteúdo	Órgão	Obrigatória/Âmbito
Lei de Eficiência Energética (Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001)	Dispõe sobre Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e estabelece limites de consumo de energia para aparelhos consumidores e prevê para o mesmo para edificações.	Presidência da República	Sim, para aparelhos consumidores de energia/Todos
A3P – Portaria 510/2002	Visa conscientizar os servidores públicos sobre o combate a desperdícios, otimização de recursos e melhoria do ambiente de trabalho. Busca a inclusão de critérios ambientais e sociais, além dos econômicos, nas compras de bens e serviços de órgãos públicos.	Ministério do Meio Ambiente (MMA)	Não/Federal
Instrução Normativa 01/2010 – Jan2010	Dispõe sobre o uso de critérios ambientais nas compras públicas de bens e serviços	Ministério Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG)	Não /Federal
Instrução Normativa 02/2014	Obrigatoriedade etiquetagem de etiqueta nacional de conservação de energia (ENCE) classe “A” geral, para prédios novos (projeto e construção) e reformas	Ministério Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG)	Sim/Federal
Plano de Logística Sustentável	Recomendações para melhoria da sustentabilidade no TJ-SP	TJ-SP / Estadual	Não/TJ-SP

Figura 7: Principais Legislações brasileiras sobre Eficiência Energética de 2001 em diante.. Fonte: autor.

A adoção de legislação voltada a medidas de redução de consumo é um incentivo a melhoria da eficiência energética de edificações (Scalco *et al.*, 2012). Com a adoção da

Instrução Normativa IN 02/2014, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, foi dado impulso ao processo de etiquetagem de construções prediais públicas do Programa Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações (PBE-Edifica).

Criada em 2007 no Brasil a certificação denominada AQUA (Alta Qualidade Ambiental) ou Processo AQUA, cuja responsabilidade é da Fundação Vanzolini, adaptada do sistema francês HQE (Haute Qualité Environnementale) para a edificação, abrangendo várias de suas características (Puglierio & Pimentel, 2010). Nesta certificação são trabalhadas catorze categorias divididas em quatro grupos: Eco-construção, Gestão, Conforto e Saúde. Neste sistema todas as categorias são verificadas nas fases de levantamento de necessidades, design e construção. Os parâmetros envolvidos possuem influência direta no desempenho do edifício, ajudando a reduzir os impactos ambientais da edificação em todas as fases de seu ciclo de vida. Destaque-se que a eficiência energética está incluída na categoria “gestão” (Grünberg, Medeiros, & Tavares, 2014)

O selo CASA AZUL, criado pela Caixa Econômica Federal e desenvolvido por uma equipe multidisciplinar da Escola Politécnica da USP, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade de Campinas (Grünberg *et al.*, 2014), para efeito de financiamento de projetos de construções sustentáveis financiados pela Caixa Econômica Federal (CEF). O selo é de caráter voluntário e baseia-se na avaliação de quatro categorias das edificações: Projeto e Conforto, Qualidade Urbana, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Naturais, Práticas Sociais e Gestão da Água. Essas categorias são divididas em 53 critérios a serem analisados. Essa análise é feita no período de verificação da viabilidade da concessão do empréstimo pela CEF. As classificações dos empreendimentos podem ser Bronze, Prata ou Ouro (Grünberg *et al.*, 2014).

A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), originária dos EUA, tem tido destaque no mercado brasileiro. Em 2016 o Brasil era o 4º país fora dos Estados Unidos em número de certificações por esse sistema (“USGBC Announces International Ranking of Top 10 Countries for LEED | U.S. Green Building Council”, 2016). Criada pelo *US Green Building Council*, foi trazida e adaptada para cá pelo Green Building Council Brasil (GBC Brasil). Sete temas são avaliados pelo LEED: espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos e créditos de prioridade regional. A eficiência energética do edifício faz parte do critério Energia e Atmosfera (Komurlu, Arditi, & Gurgun, 2014). A participação do LEED no mercado brasileiro tem crescido de forma consistente, atingindo

1224 empreendimentos registrados e 393 certificados em 2016. A maior parte dos empreendimentos registrados é de edifícios comerciais e centros de distribuição (<http://www.gbcbrasil.org.br>, recuperado em 07, fevereiro, 2017).

Essas certificações estão relacionadas à sustentabilidade das edificações e já englobam, entre outros, aspectos de desempenho energético em seus requisitos. Já o selo do INMETRO/Eletronbras PROCEL para edificações, chamado PROCEL-Edifica, se distingue por ser direcionado somente ao quesito de avaliação de eficiência energética de edificações (Carlo & Lamberts, 2010b).

Note-se que, de acordo com a GBC Brasil, a partir de 2015 os requisitos do LEED voltados para eficiência energética podem ser comprovados por meio do atendimento aos critérios do PROCEL-Edifica para edificações públicas, comerciais e de serviços, com algumas exceções (laboratórios e data centers, por exemplo). Para ser considerado aprovado neste critério o prédio deve ser classificado com a etiqueta “A” no PROCEL-Edifica, o que equivale a receber o selo PROCEL-Edificações (“Construindo um Futuro Sustentável | Notícia - Selos LEED e Procel anunciam novos critérios de equivalência”, 2015).

2.6 ETIQUETA PBE EDIFICA / PROCEL-EDIFICA

A instrução normativa N02/2014, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, de 4 de junho de 2014, diz respeito a locação ou compras públicas do governo federal, de equipamentos movidos a energia elétrica. Também traz a exigência da Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia (ENCE), do INMETRO, para novos projetos e construções de edificações públicas federais e respectivas reformas, também chamadas de *retrofits*, nestas construções. Isto é aplicável a edifícios com área maior que 500 m² ou “cujo valor da obra seja superior ao equivalente ao Custo Unitário Básico da Construção Civil – CUB Médio Brasil atualizado aplicado a uma edificação de 500m²” de acordo com a Instrução Normativa N02/2014 (Brasil, 2014).

O processo de Etiquetagem de construções do Procel-Edifica pode ser aplicado em duas etapas do empreendimento: na fase de Projeto e na Edificação Construída. Cada etapa constitui um processo de etiquetagem separado e independente. As fiscalizações de projeto e de construção também são independentes.

No final, cada etapa pode gerar seu próprio relatório de inspeção e a emissão de uma etiqueta, de acordo com a pontuação alcançada, denominada Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

A etiquetagem do Projeto, porém, é de caráter temporário e validade limitada, o que é anotado na própria etiqueta, indicando que tem o seu valor delimitado por um tempo determinado pelo regulamento do INMETRO (hoje 5 anos). Passado esse período, se a construção foi concluída e não foi solicitada a etiqueta de Edificação Construída, a etiqueta de Projeto perde a validade (INMETRO,2016). Para a Edificação Construída, segundo o RTQ-C (INMETRO,2016) a etiqueta não tem prazo de validade, é definitiva. No caso de serem feitas reformas, estas devem receber uma nova etiquetagem.

O sistema do PROCEL-Edifica separa os edifícios em dois grandes grupos: edifícios comerciais, públicos e de serviços e os edifícios residenciais (INMETRO,2016).

2.6.1 Etiquetagem de edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços.

Para Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços o primeiro passo é uma análise dos pré-requisitos gerais, que devem atender aos especificados no Regulamento Técnico de Qualidade RTQ-C. Depois são analisados três temas do edifício: a Envoltória, que é toda a parte externa do edifício; a Iluminação; e o Condicionamento de Ar. Cada um desses temas tem uma avaliação específica que gera uma nota individual e pré-requisitos próprios para cada classificação. A escolha da característica de etiquetagem a ser desenvolvida fica a cargo do solicitante. Ele pode escolher as alternativas: Envoltória somente, Envoltória + iluminação, Envoltória + Condicionamento de Ar (CA), Envoltória + Iluminação + CA (etiqueta geral). Se optar por uma etiquetagem em todas as categorias, o edifício irá receber uma etiqueta chamada Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) Geral. Se for feita para apenas uma ou duas categorias a construção receberá a etiqueta ENCE Parcial. A etiquetagem da Envoltória tem que estar em todas elas, pois é obrigatória pelo sistema do PROCEL-Edifica (INMETRO, 2016).

Existem dois métodos definidos para Avaliação da Eficiência Energética no sistema INMETRO/PROCEL-Edifica. O primeiro, chamado Prescritivo, é mais prático e barato para o solicitante, é feito por meio de planilhas de cálculo. É válido principalmente quando edifícios utilizam condicionamento de ar artificial em seus ambientes. Nesse método são usadas equações e tabelas geradas pela análise de simulações de um número limitado de casos por

regressão estatística (Versage & Lamberts, 2011). Tal método é uma simplificação do método de simulação e visa à classificação das edificações segundo equações e tabelas fornecidas nos regulamentos. É mais genérico e mais limitado, mas atende a grande maioria dos tipos de edificações construídos no país (Carlo & Lamberts, 2010b).

O segundo é o método de Simulação, onde um *software* é utilizado para modelar as características energéticas do prédio. O método de simulação propicia uma alternativa de análise da eficiência energética da edificação de uma forma mais completa, com soluções arquitetônicas flexíveis, por meio de *softwares* de simulação energética. É mais abrangente, mas exige a participação de consultores profissionais treinados e qualificados para este tipo de trabalho (Carlo & Lamberts, 2010a).

É muito recomendada para edificações onde o percentual de abertura da fachada é elevado, onde existe o uso de vidros de alto desempenho e/ou existem elementos de sombreamento diferenciados dependendo da fachada (Carlo & Lamberts, 2010a).

Além dos dados do edifício em si, este método também pode fazer uso das condições do entorno da construção, aproveitando o sombreamento dos edifícios adjacentes. Com isso poder ter uma melhor análise do comportamento da incidência solar sobre o prédio aprimorando sua avaliação em termos de eficiência energética (Fernandes & Labaki, 2012). O solicitante deve, neste caso, preencher um documento dando ciência que estará usando o sombreamento dos prédios no seu entorno para obter a sua classificação e que alterações ocorridas na vizinhança podem afetar a etiqueta obtida. (INMETRO, 2016)

O método de simulação trabalha com *softwares* que se enquadrem no manual: Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (INMETRO, 2016).

Qual método de avaliação da edificação será usado para a etiquetagem é escolha do solicitante, tanto para a etiquetagem do projeto como para o edifício construído. Os métodos *prescritivo* e de *simulação* também podem ser utilizados como ferramentas para ajudar no desenvolvimento do projeto, além da avaliação da etiquetagem.

A avaliação do conforto térmico em ambientes não climatizados dentro da porcentagem de horas em conforto, bem como a atribuição do Equivalente Numérico de Ventilação (EqNumV), devem ser feitas por simulação. As hipóteses de conforto devem ser apresentadas pelo solicitante indicando a norma utilizada (INMETRO, 2016).

2.6.1.1 Critérios de avaliação e notas

Se o cliente solicitar a etiquetagem completa, abrangendo as três características (Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar), será gerada a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia ENCE, com a classificação geral. A nota geral é composta pelas notas dadas aos três “temas”, por meio de uma formula definida da seguinte forma: é dado um valor numérico de 0 a 5 para cada uma das análises e depois feita a média ponderada, sendo a nota da Envoltória representando 30% do total, a nota da Iluminação outros 30% e o Condicionamento de Ar 40%. A construção pode ainda receber até mais 1 ponto na nota por bonificações que são aplicadas por uso racional de água, uso racional de energia, etc. Sistemas suscetíveis de melhoria da pontuação por bonificação podem ser: aqueles que utilizem fontes renováveis de energia, como aquecimento solar de água, geração de energia elétrica por sistema fotovoltaico ou eólico; cogeração (smartgrid) e outras inovações que melhorem a eficiência energética da construção (INMETRO, 2016).

A fórmula de cálculo da Pontuação é a seguinte:

$$PT = 0,30 \{ (EqNumEnv * (AC/AU)) + ((APT/AU) * 5 + (ANC/AU) * EqNumV) \} + 0,30 (EqNumDPI) + 0,4 \{ (EqNumCA * (AC/AU)) + ((APT/AU) * 5 + (ANC/AU) * EqNumV) \} + b$$

Fonte: manual RTQ-C – equação 2.1 (INMETRO, 2016)

Onde:

- AC (m²) é a área útil dos ambientes climatizados
- AU (m²) é a área útil total
- EqNumDPI (valor numérico) - equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- EqNumCA (valor numérico) equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- APT (m²) representa a área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não climatizados.

- ANC (m^2) representa a área útil dos ambientes não climatizados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) pelo método da simulação.
- EqNumV (valor numérico) é o equivalente numérico de ambientes não climatizados e/ou ventilados naturalmente.
- b (valor numérico) representa a pontuação obtida pelas bonificações, que pode variar de zero a 1.

Para se estabelecer o Equivalente Numérico de cada nível para a fórmula de cálculo da pontuação (PT), é feita a transformação conforme Tabela 1.

Tabela 1: Equivalente Numérico para cálculo da Pontuação do edifício

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: INMETRO, 2016.

O valor numérico PT é então convertido em uma categoria de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Classificação final a ser aplicada sobre o resultado da fórmula ponderada

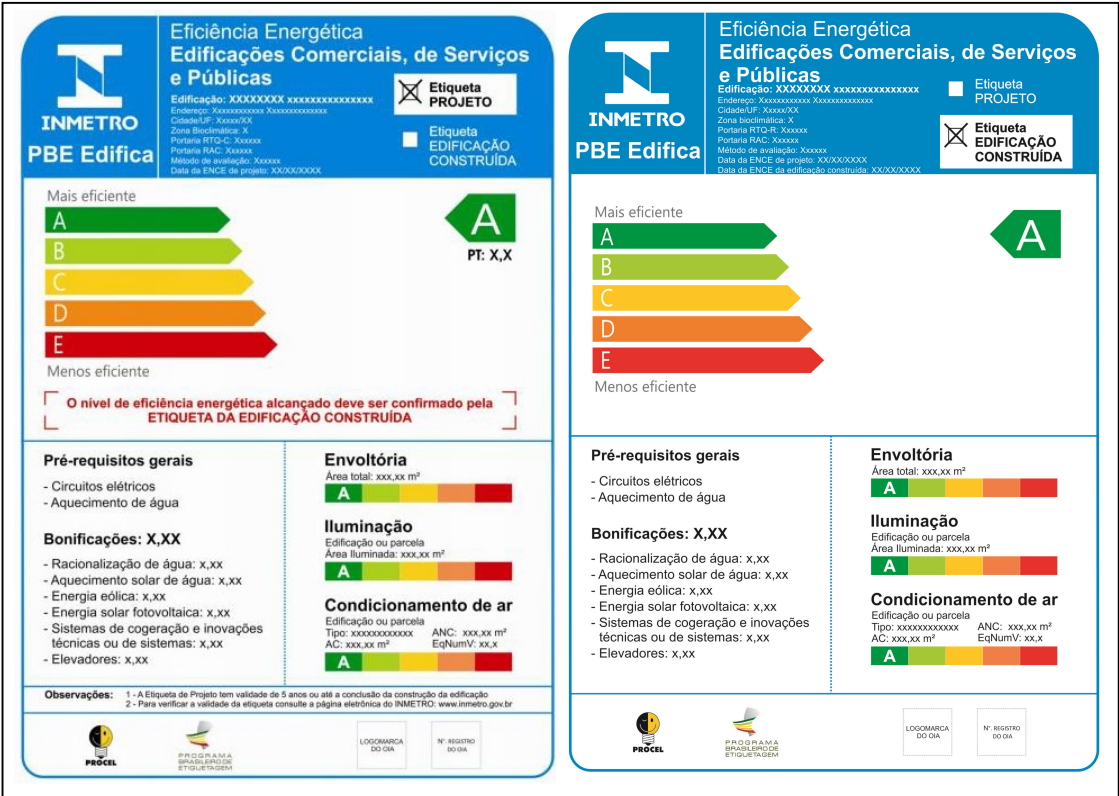
CLASSIFICAÇÃO FINAL	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: (INMETRO, 2016).

A etiqueta chamada PBE Edifica ou PROCEL-Edifica é voltada para edificações e é parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que existe também para produtos eletroeletrônicos e outros. Foi desenvolvida a partir da parceria entre o Instituto Nacional de

Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro e a Eletrobras/PROCEL (“O que é a etiqueta PBE Edifica? | PBE EDIFICA”, [s.d.]).

Nas Figuras 8 e 9 são mostradas as etiquetas de Projeto e Edificação Construída do PROCEL-Edifica/PBE-Edifica. Ali pode se ver a correspondência entre os Níveis de Eficiência e cores atribuídas para cada nível e o nível alcançado em destaque. Também são mostrados o(s) tema(s) avaliado(s), Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar e a(s) classificação(ções) individual(ais) para cada tema.



Figuras 8 e 9: Etiquetas de Eficiência Energética. Fonte: (“O que é a etiqueta PBE Edifica? | PBE EDIFICA”, [s.d.]-b).

A partir de novembro de 2014, a obtenção da etiqueta geral “A” no programa PROCEL-Edifica, tanto na etapa de projeto como para edificação construída, permite a edificação receber um selo chamado “Selo PROCEL Edificações”, que é uma forma de premiar as construções com melhores parâmetros de acordo com o sistema. O selo é mostrado na Figura 10 (PROCEL & Eletrobrás, 2016).



Figura 10: Selo PROCEL Edificações para Projeto e Edificação Construída. Fonte: Resultados PROCEL 2016 (PROCEL & Eletrobrás, 2016)

De acordo com o documento “Resultados 2016” foram etiquetadas 157 construções comerciais, de serviços e públicas, sendo 58 destas etiquetas referentes a edificações construídas e as demais a projetos (PROCEL & Eletrobrás, 2016).

Os edifícios residenciais possuem outra forma de tratamento no sistema PROCEL-Edifica, que não faz parte do escopo dessa pesquisa.

2.6.2 Organismos Certificadores

Quem tem poder para fazer a certificação e emitir oficialmente a ENCE, de acordo com as especificações e requisitos definidos nos regulamentos, são as Entidades Acreditadas pelo INMETRO, também chamados Organismos de Inspeção Acreditados (OIA ou OIA-EEE – Eficiência Energética de Edifícios) (PROCEL, 2009). As entidades já acreditadas podem ser consultadas no site do INMETRO na Internet.

No momento, existem 4 organismos ativos acreditados como OIA-EEE (Figura 11).

Nome do Organismo	País	UF	Cidade
FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI	BRASIL	SP	São Paulo
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPEL	BRASIL	RS	Pelotas
QUALI-A CONFORTO AMBIENTAL	BRASIL	DF	Brasília

E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA LTDA. EPP.			
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE – UFRN/LABCON-OIEDIFICA	BRASIL	RN	Natal

Figura 11: Organismos acreditados pelo INMETRO. Fonte: autor, baseado no site do INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/organismos>)

Uma listagem dos edifícios de serviço, comerciais e públicos certificados com nível de etiquetagem “A” (direito ao Selo PROCEL-Edificações) no Brasil, é disponibilizada em um link no site do PROCEL (<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>) e reproduzida no Anexo A, na Figura AA1.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo é visto o processo da pesquisa, é falado sobre as fontes de informação utilizadas para o estudo, quais foram os procedimentos para coleta dos dados e como foram feitas a análise dos dados pelo método da pesquisa.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa é de natureza qualitativa, embora envolva cálculos, pois não visa associar os números obtidos a teorias específicas, e tem uma abordagem descritiva. O método escolhido para esta pesquisa foi o Estudo de Caso, tendo por base a abordagem de Yin (2015). A metodologia foi considerada adequada porque o trabalho se concentrou em uma unidade de análise, que é o Fórum Regional de Pinheiros do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo. O contexto é bem delimitado e foi estudado em profundidade com várias fontes de informação. Além disso, a questão de pesquisa envolvida busca uma resposta à uma pergunta do tipo “Como?”, que pressupõe estudo aprofundado de um fenômeno social (Yin, 2015). O estudo, portanto é de caráter exploratório e apesar de lidar com números, tem uma abordagem qualitativa.

Como é um caso único, não deve ser generalizado, mas trabalha com a possibilidade de proposição de hipóteses que são discutidas ao longo do texto.

O fluxo geral da pesquisa (Figura 12) pode ser descrito na seguinte sequência:

- a partir da documentação fornecida, entrevistas e visitas, fazer o levantamento dos dados relevantes ao processo de avaliação energética;
- para a avaliação, podem ser usados dois métodos: o prescritivo, em que os dados são lançados numa fórmula e geram a etiquetagem, ou por meio de um processo de simulação por computador. O estudo foi feito utilizando-se o método prescritivo;
- calcular os índices utilizados no método e determinar a etiqueta geral da edificação construída do PROCEL-Edifica;
- analisar o “gap” existente entre a classificação obtida e a próxima mais acima ou a mais alta;
- identificar oportunidades de melhorias, baseadas nos valores utilizados no método e apoiado na literatura sobre o tema;
- fazer uma análise econômica dessas melhorias em relação ao benefício obtido;

- a partir do estudo, criar uma sistemática que pode ser replicada em outros edifícios do TJ-SP e servir de base para o Plano de Logística Sustentável do TJ-SP, no tema Eficiência Energética; e
- procurar identificar as dificuldades e facilidades no processo do PROCEL-Edifica.

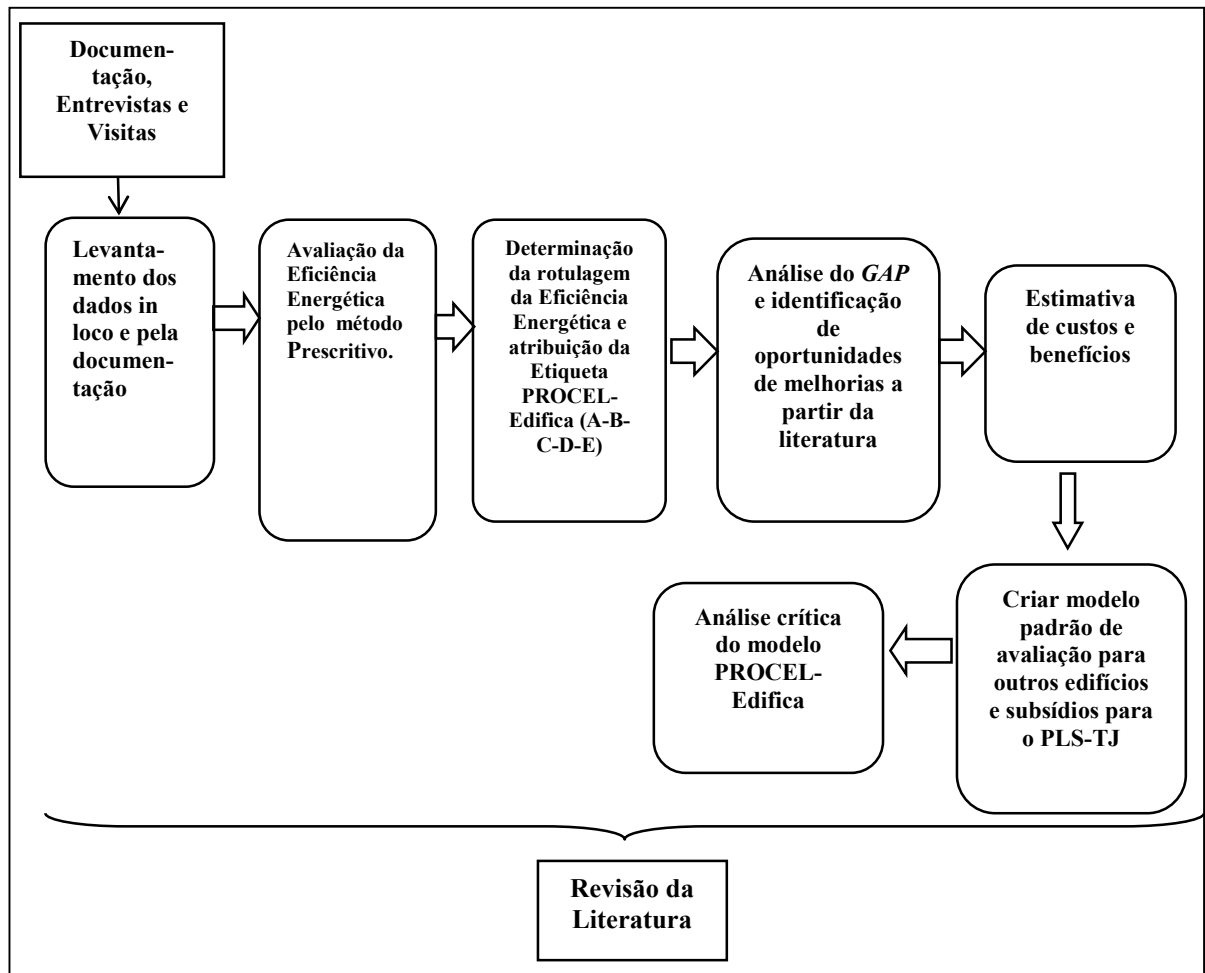


Figura 12: Fluxo do Processo de Pesquisa. Fonte: autor.

3.2 FONTES DE INFORMAÇÃO

De acordo com Yin (2015), em um Estudo de Caso as principais fontes de informação podem ser classificadas em seis categorias. Essas categorias foram utilizadas nesse estudo conforme a Figura 13.

Categorias	Fontes de Informação/equipamentos	Dados Primários	Dados Secundários
Documentos	Legislação pública, contratos, normas internas do TJ, manuais de equipamentos, plantas e projetos a serem fornecidos pela equipe do TJ	Fornecidos pelo TJ/SP e Secretaria de Justiça/SP	Buscados na Internet (públicos)
Registros	Relatório de manutenção de equipamentos.	Fornecidos pelo TJ/SP	--
Entrevistas não estruturadas	Com usuários, pessoal de engenharia, administradores e pessoal de empresa certificadora.	TJ/SP e Secretaria de Justiça/SP	Fundação Vanzolini (por e-mail)
Observação direta	Visitas	Ao TJ/SP e Engenharia da Secretaria de Justiça/SP	--
Observação participante	Não se aplica	Não trabalha para o TJ	Não trabalha para o TJ
Aparatos físicos	Equipamentos para medições e levantamento de parâmetros no prédio do TJ-SP especificado.	Trena a Laser, trena e bússola	--

Figura 13: Fontes de Informação da pesquisa. Fonte: autor, com base em (Yin, 2001)

3.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA DOS DADOS

Uma parte dos dados primários para esta pesquisa foi coletada em 2015, em um estudo prévio para o TJ/SP dentro do convênio firmado entre essa instituição e a Uninove, para avaliação ambiental de alguns prédios na cidade de São Paulo. Foram selecionados quatro edifícios piloto: Fórum João Mendes, Fórum Regional do Ipiranga, Fórum da Glória e o Fórum Regional de Pinheiros, que foi o escolhido para ser tratado no presente estudo.

Para a coleta dos demais dados primários foram feitas várias visitas “*in loco*” ao prédio do Fórum de Pinheiros do Tribunal de Justiça de São Paulo e também duas visitas à área de Engenharia da Secretaria de Justiça do Estado de São Paulo.

3.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados foi realizada conforme as etapas do fluxograma da Figura 14.

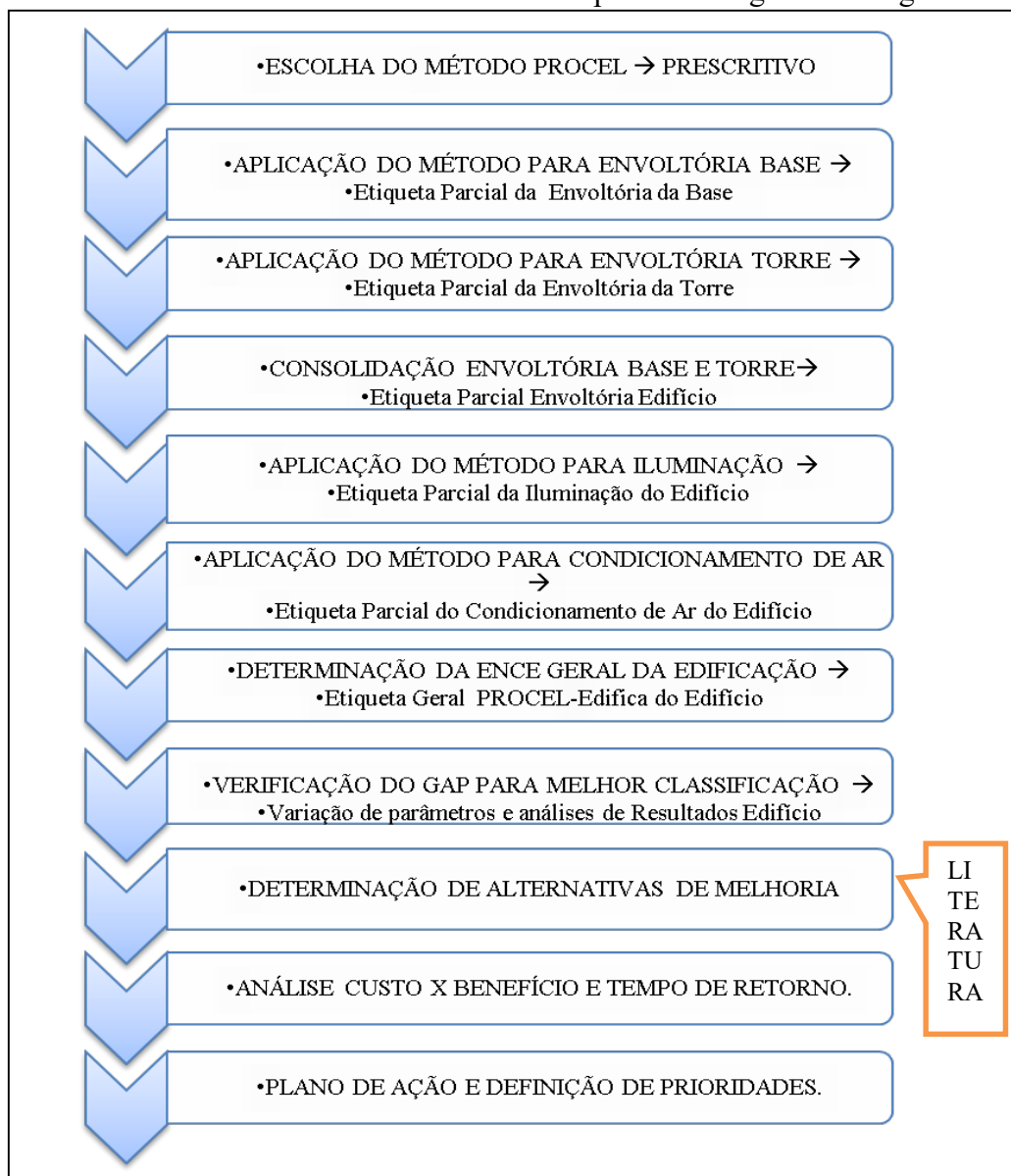


Figura 14: Fluxo da Análise dos Dados. Fonte: autor

Não está demonstrado na Figura 14, mas no decorrer do processo foi também efetuada uma análise crítica de aspectos do uso do método Eletrobrás/Procel – Edifica e disponibilizadas as observações levantadas, como forma de procurar contribuir para o estudo deste sistema de avaliação de eficiência energética.

Segue detalhamento de processos de análises dos dados coletados.

3.4.1 Escolha do tipo de etiqueta avaliado:

Dois tipos de etiquetagem são trabalhados no PROCEL-Edifica ou PBE-Edifica, com relação à etapa de construção do prédio: etiqueta de Projeto ou etiqueta de Edificação Construída. Neste estudo foi feito para um prédio já existente, portanto o segundo tipo foi usado.

Com relação às características do prédio, o sistema permite avaliar três tipos de etiquetas: envoltória, sistema de iluminação e sistema de ar condicionado. Além disso, pode existir uma etiquetagem envolvendo uma ou duas destas características combinadas. A etiqueta de envoltória só pode ser avaliada para o prédio todo, enquanto as etiquetagens da iluminação e do condicionamento de ar podem ser parciais para cada andar ou para uma determinada área do prédio, segundo o regulamento do PROCEL-Edifica (INMETRO, 2016b). Neste estudo foi feita a análise do edifício como um todo para as três características.

3.4.2 Métodos de avaliação e aplicação do método.

O sistema PROCEL-Edifica permite dois métodos de avaliação: prescritiva ou por simulação computacional. A avaliação prescritiva é mais simples, menos detalhada e não exige mão de obra especializada. Já a simulação é uma metodologia mais complexa e completa, podendo utilizar maior número de variáveis e permitindo maior flexibilidade no tratamento dos aspectos e parâmetros envolvidos (INMETRO, 2016). Vale ressaltar que o método Prescritivo, apesar de mais simples, atende a grande maioria dos tipos de edifícios construídos no país.

Se o método escolhido for prescritivo, os dados deverão ser lançados em uma equação disponibilizada pelo sistema PROCEL-Edifica e gerada a partir dos resultados de uma série de simulações (Versage & Lamberts, 2011). Dessas fórmulas pré-definidas sairá o resultado da etiquetagem, a chamada Etiqueta Nacional de Eficiência Energética (ENCE).

Por outro lado, se o método escolhido for o de simulação, estas serão feitas a partir de *softwares* próprios para isso, a partir dos dados levantados, teóricos e medidos, de acordo com as normas estabelecidas pelo padrão do INMETRO, chamado PBE-Edifica ou PROCEL-EDIFICA.

Segundo o padrão definido por esse sistema, a simulação deve ser feita por um *software* que tem a sua qualidade de simulação aderente ao método de avaliação Building

Energy Simulation Test (BESTEST) (ASHRAE, 2004). O manual do sistema não exige um *software* específico, mas sim um que obedeça a este requisito.

Existem *softwares* gratuitos e *softwares* que devem ser licenciados (pagos). Um dos mais utilizados é o EnergyPlus, disponibilizado pelo Depto de Energia dos Estados Unidos, sem custo. Foi o *software* utilizado para geração das equações e planilha do método Prescritivo do PROCEL-EDIFICA (Versage & Lamberts, 2011). Porém, este *software* tem a limitação de não possuir interface gráfica (GUI) amigável para o usuário, mas pode trabalhar com outras ferramentas em conjunto, que possuam esta característica, funcionando às vezes como “plug-in” daquele (S. Wang, Yan, & Xiao, 2012).

Algumas alternativas de *softwares* complementares podem ser citadas, como DO2, eQuest, BEES, DesignBuilder (Ma *et al.*, 2012; Juan, Gao & Wang, 2010; Feng & Hewage, 2014).

A partir destas simulações, é obtido um Equivalente Numérico para se chegar a um selo de classificação (ENCE) correspondente a eficiência energética deste edifício.

Neste estudo optou-se por fazer a avaliação pelo método Prescritivo, devido à falta de arquivos eletrônicos de plantas do tipo próprio para o AutoCAD e da limitação do tempo disponível.

3.4.3 Análise do “gap” para atingir níveis superiores

Se o selo encontrado para o edifício for o “B” ou “C” ou “D” ou “E”, deve ser feita uma avaliação no sentido de conhecer quais são as características ou os parâmetros a serem modificados para que haja uma evolução para o nível acima (no caso de “B”, por exemplo, passar a “A”), baseado nos componentes analisados no estudo. Mesmo que for calculado nível “A” para o edifício, quase sempre existe a possibilidade de alguma melhora, pois cada nível é determinado por uma faixa de valores.

Estas avaliações podem ser feitas com alteração de valores de algum parâmetro na equação do método Prescritivo utilizada para obter a classificação do prédio, e observar se após a mudança desse parâmetro ocorre alteração no resultado final e na classificação da edificação.

Isso permite uma análise do que deve ser melhorado para que os objetivos de sustentabilidade, no seu aspecto ambiental, estejam mais próximos do ideal procurado, isto é, que apresentem o menor impacto ao meio ambiente.

3.4.4 Alternativas de custos e benefícios

Identificar, com base na literatura e nos resultados da avaliação do prédio, alternativas para melhoria da eficiência energética. Como exemplo pode-se citar alterações nas aberturas das fachadas, troca de tipo de vidros utilizados nas janelas, uso de películas nas janelas para menor absorção de calor, melhoria nos sistemas de refrigeração, automação de algumas funções, utilização de formas alternativas de energia: solar ou eólica, além de outras.

O projeto original previa obter orçamentos das melhorias identificadas e sugeridas no estudo. Porém, devido a dificuldades institucionais que causaram atrasos na liberação da pesquisa e na obtenção de dados, não houve tempo disponível para coletar todos os orçamentos desejados. Alguns foram conseguidos e estão descritos no capítulo 5. Discussão.

A partir destes orçamentos foram feitas análises de custo x benefícios, pelo método do tempo de retorno do investimento (payback), que podem servir de base para priorização de ações, conforme exemplos mostrados no estudo.

3.4.5 Discussão sobre aplicação do modelo Eletrobrás/Procel-Edifica

Para efeito de contribuição, foi feita uma avaliação da aplicação do processo do PROCEL-Edifica no estudo de caso, e as dificuldades e facilidades encontradas foram enumeradas com o objetivo de auxiliar futuros estudos.

Discussão sobre se o modelo PROCEL vai mesma direção da teoria – por exemplo, vai na direção quando estabelece parâmetros para projeto. No entanto, para edifícios existentes, deixa de levar em conta operação, atitude do usuário e conforto térmico na prática.

4 ESTUDO DE CASO.

Neste capítulo são explicadas e analisadas as características do Caso em estudo, como o objeto de pesquisa, o porquê da escolha do edifício, localização, orientação geográfica e dados gerais.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA

Dentre todos os edifícios do Tribunal de Justiça de São Paulo (TJSP), o Fórum Regional de Pinheiros foi um dos selecionados para um projeto piloto de diagnóstico de gestão ambiental no âmbito do convênio com a Uninove no estado de São Paulo. Foi escolhido para esta pesquisa por:

a) ser de propriedade do TJ/SP, o que foi considerado mais apropriado do que escolher um prédio alugado;

b) ter um porte "médio", ou seja, não é uma exceção como prédio grande, como seria o caso do Fórum João Mendes (São Paulo – SP), nem pequeno demais que não fosse representativo; e

c) ter usos típicos como salas de audiência, cartórios, ambientes de uso dos funcionários e do público em geral, evitando-se prédios com atividades muito específicas como armazenamento de processos em arquivo morto ou oficinas de manutenção ou prédios com atividades administrativas sem atendimento ao público, que representam exceções.

Localizado na cidade de São Paulo – capital, é um edifício público de seis andares, próprio, com fachada envidraçada em dois lados, com 4487 m² de área construída, onde trabalham efetivamente 341 funcionários e terceiros e por onde circulam em torno de 700 pessoas por dia. Estes dados foram preliminarmente levantados por meio de documentos do TJ-SP, recolhidos desta unidade por ser uma das amostradas e selecionadas no projeto de diagnóstico de gestão ambiental, incluído no convênio entre Uninove e Tribunal de Justiça de São Paulo.

Estrutura do TJ/SP: algumas particularidades do Tribunal de Justiça de São Paulo:

- Amplitude de localização geográfica: o TJ-SP é composto de 704 prédios, próprios ou alugados, espalhados por todo o estado de São Paulo, capital e interior.
- Núcleo socioambiental do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo – encarregado de administrar o Plano de Logística Sustentável do TJSP, tendo por funções

planejamento implementação, monitoramento de metas anuais e avaliação de indicadores de desempenho.

- Comitê de Sustentabilidade – comitê que administra o tema Sustentabilidade em todo TJ-SP, num esquema gerencial no estilo matricial.
- Administrações descentralizadas em cada prédio – a maior parte das tarefas administrativas do prédio é feita por uma equipe própria de cada um (como no caso em questão).
- Contratos centralizados: algumas atividades são controladas por contratos geridos pela administração central do TJ-SP, como contratos de terceirização de impressoras, helpdesk de TI, coleta de resíduos sólidos (só São Paulo-capital) e outros são controlados por cada administração dos prédios individualmente.

4.1.1 Detalhes arquitetônicos do edifício

A Figura 15 mostra, por meio de um desenho sem escala, uma perspectiva do edifício em estudo.



Figura 15: Desenho do edifício sem escala. Fonte: autor.

Conforme mostrado na Figura 15, o edifício é composto de 6 andares padrão mais térreo e subsolo. Possui duas fachadas no Térreo totalmente envidraçadas na frente e no fundo, e nos andares da torre as quatro fachadas são parcialmente envidraçadas, todas com vidros de 6 mm Bronze, da marca Cebrace.

O pavimento térreo possui uma cobertura de vegetação em cima de sua laje. Possui subsolo parcialmente enterrado, sendo a maior parte garagem e com praticamente nenhuma parede em contato com o exterior.

4.1.2 Localização e posicionamento geográfico do edifício.

É localizado na cidade de São Paulo, no bairro de Pinheiros e possui as suas fachadas voltadas para o quadrilátero das ruas Jericó, Original, Filinto de Almeida e Costa Lôbo, conforme a Figura 16.



Figura 16 Desenho esquemático sem escala do prédio visto por cima com as ruas circundantes.

Fonte: autor

A Figura 17 ilustra a Orientação solar do Edifício.



Figura 17: Posicionamento do prédio. Fonte: autor com o auxílio de Google Maps e ferramenta de *software*.

Conforme a Figura 17, a face orrespondente a Rua Costa Lôbo possui uma diferença de 30° em relação ao Norte, verificado por meio de bússola e de ferramentas de *software* Google Maps e Google Compass. O regulamento do PROCEL-Edifica permite até uma inclinação de 45° em relação ao ponto cardeal. Portanto, esta é a face Norte. As outras faces, pelo mesmo raciocínio, são Sul: R. Original, Leste: R. Filinto de Almeida e Oeste: R. Jericó.

4.1.3 Planta simplificada de um andar padrão

Do primeiro ao sexto andares o desenho de cada pavimento é semelhante ao demonstrado na Figura 18, que mostra o quinto andar, como exemplo.

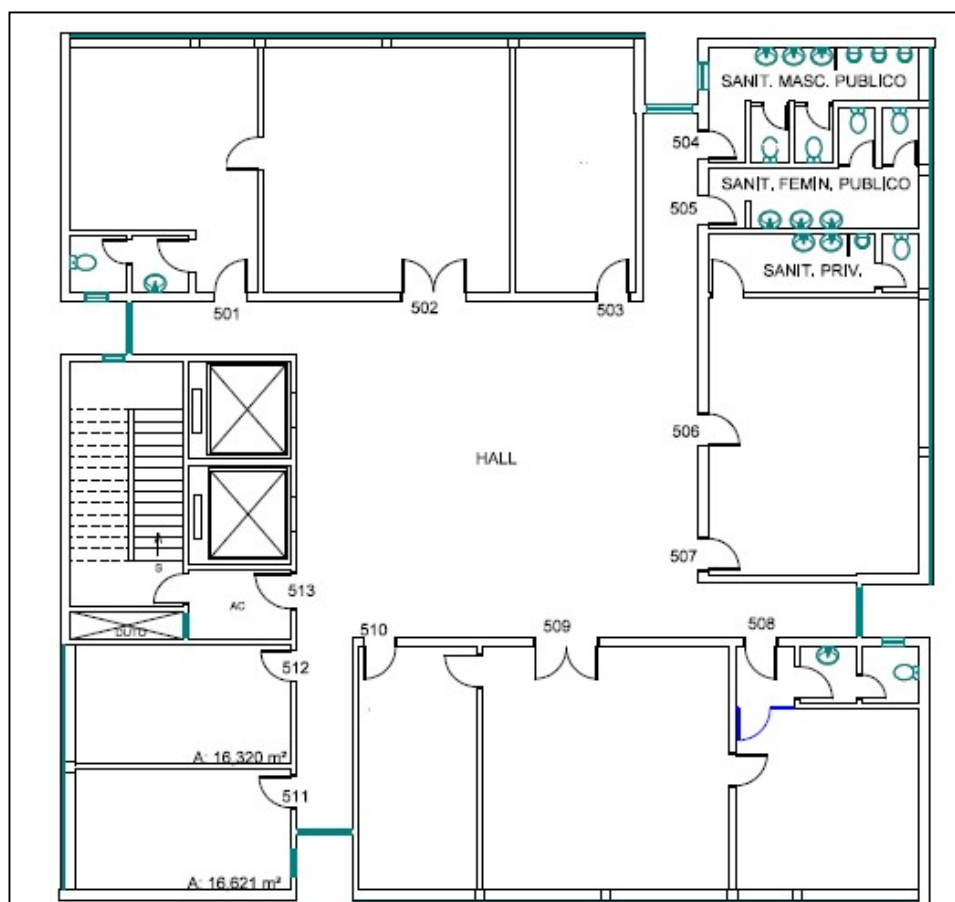


Figura 18 – Desenho andar padrão primeiro ao sexto. Fonte: planta fornecida pelo TJ/SP.

As divisões internas dependem da ocupação do andar, mas o design externo, elevadores, escadas e posicionamento de WCs são iguais.

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO AO CASO EM QUESTÃO

Neste capítulo é demonstrado o histórico das visitas para coleta de dados e documentos, os dados levantados, a aplicação do método ao caso estudado e os resultados obtidos.

5.1 HISTÓRICO DAS VISITAS PARA COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS

As visitas aos locais da pesquisa, uma das Fontes de informação citadas por Yin (2015) são listadas na Figura 19 assim como as atividades desenvolvidas e as informações obtidas no decorrer destas visitas.

Data	Local	Temas	Informações obtidas
27/10	Engenharia – Secretaria de Justiça do Estado de São Paulo	Informações sobre fachadas, paredes. Medidas gerais da construção.	Plantas com informações genéricas, informação de material externo sem detalhamento de paredes.
31/10, 01/11 e 07/11	TJ/Pinheiros	Levantamento de iluminação e ar condicionados. Verificação das plantas fornecidas.	Dados sobre quantidade de lâmpadas, tipo, potência e localização. Também verificados ar condicionados do prédio: quantidade, tipo, modelo, marca categoria, BTU/h. Checagem da acuidade das plantas fornecidas em relação ao uso dos ambientes.
15/12	TJ/Pinheiros	Coleta de dados de cargas totais do prédio para método de simulação do PROCEL.	Recebido da administração do prédio uma relação manuscrita das cargas. Fotografadas 73 páginas destes documentos.

16/12	TJ/Pinheiros	Verificar detalhes de paredes externas. Checar atendimento pré-requisito de iluminação natural.	Verificados a frente/fundo e as laterais do térreo. Tiradas algumas fotos das laterais do prédio. Medição da "platibanda" Nas laterais (Costa Lôbo e Original) "barra" de concreto em "U" medindo 80 cm de altura por 60 de largura (distância até a parede), que encobrem 6 janelas de 1,20 por 50 cm. Toda frente e o fundo tem vidros até em cima, com exceção das aberturas onde há escadas. As laterais tem paredes de 20 cm pintadas com tinta acrílico gelo. Verificado que o edifício não possui separação de conjunto de lâmpadas internamente às salas (não atende uso iluminação natural)
21/12	Engenharia – Secretaria de Justiça do Estado de São Paulo	Revisão de plantas, principalmente Térreo, Subsolo e Cobertura.	Fotografadas várias plantas do prédio impressas, especialmente térreo, subsolo e elevações. Verificadas as medidas de casa de máquinas e caixa d'água.

Figura 19: Visitas realizadas para a pesquisa. Fonte: autor.

Os dados primários foram coletados por entrevistas não estruturadas, feitas com o pessoal do TJ/SP: administradores do edifício e colaboradores em geral, nas visitas feitas como parte do estudo voltado para a observação direta, citada por Yin (2015). Nestas visitas foram efetuadas medições de parâmetros e verificações necessárias para os cálculos necessários à pesquisa (Apêndices A, B, C e D).

Nas entrevistas foram solicitadas também informações gerais do prédio, detalhamento das atividades exercidas nas salas, confirmação das plantas e detalhes construtivos do edifício que não puderam ser verificados in loco, como materiais componentes de algumas paredes. Por meio das entrevistas foi solicitado acesso aos documentos referentes ao edifício, tanto no próprio Fórum de Pinheiros, como na Secretaria de Justiça de São Paulo – Engenharia, documentos esses que foram usados nos processos de avaliação do prédio

Outros dados foram extraídos de documentos fornecidos pelos administradores do prédio e pela área de Engenharia da Secretaria de Justiça do Estado de São Paulo, como plantas, contratos com fornecedores, documentação enviada para a prefeitura, dados de reformas do edifício, notas fiscais e outros.

Algumas documentações da construção do edifício não foram encontradas devido a idade do prédio e, segundo o pessoal do TJ/SP foram extraviadas. Esta dificuldade é uma das

citadas por Neumann e Jacob (2008) na avaliação por indicadores de ativos de edifícios antigos. Não existiam plantas em formato eletrônico próprias para o *software* AutoCAD, requisitos esses importantes no processo.

Os dados secundários foram obtidos por meio da revisão da bibliografia relacionada aos temas, além de e-mails trocados com pessoas de entidades certificadoras (Fundação Vanzolini), sobre o método PROCEL-Edifica, com pessoal acadêmico da área e também pelo estudo da legislação disponível na Internet, associada aos assuntos.

Adicionalmente foram feitos contatos por e-mail com o professor Roberto Lamberts, especialista na matéria, sobre *softwares* utilizados no método de simulação do PROCEL-Edifica, e também foram colocadas e sanadas dúvidas no forum disponível no site do PBE Edifica sobre o uso do método PROCEL-Edifica / PBE-Edifica (<http://www.pbeedifica.com.br/forum/>).

5.1.1 Levantamento de documentos primários

Na Engenharia da Secretaria de Justiça do Estado de São Paulo, como não havia plantas em meio eletrônico, foi necessário fotografar as plantas impressas, conforme exemplos das Figuras 20, 21 e 22.

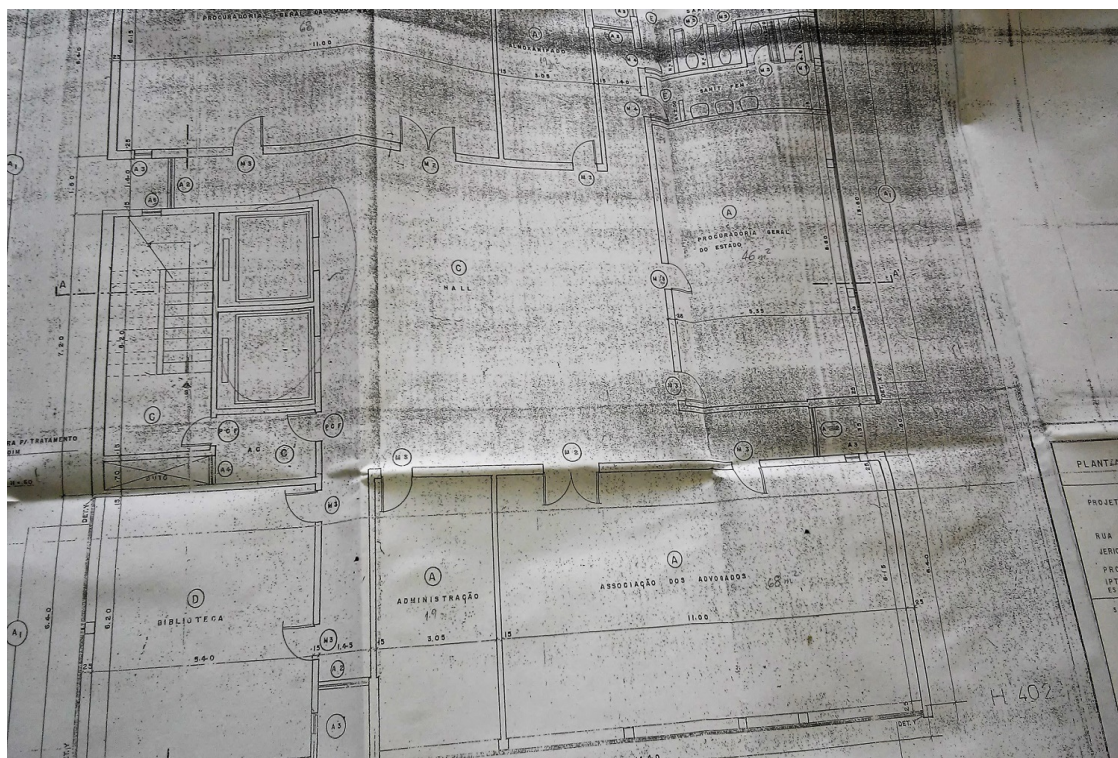


Figura 20: Planta fotografada na Engenharia da Secretaria de Justiça-SP. Fonte: autor.

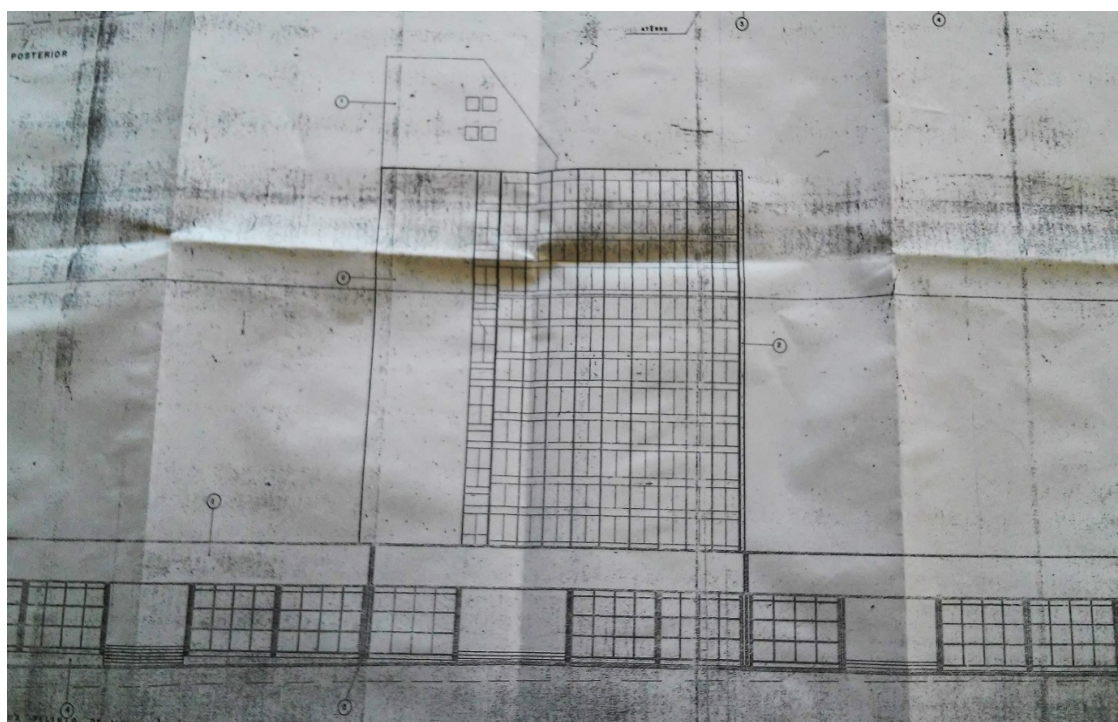


Figura 21: Planta fotografada na Engenharia da Secretaria de Justiça-SP. Fonte: autor.

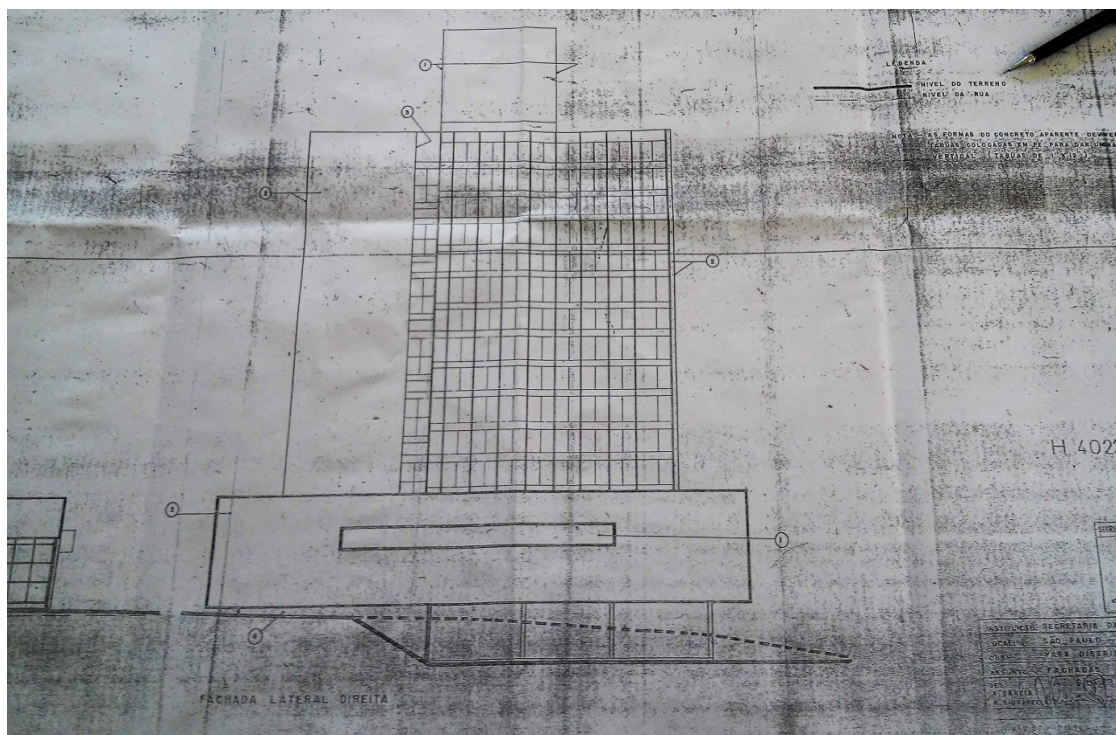


Figura 22: Planta fotografada na Engenharia da Secretaria de Justiça-SP. Fonte: autor.

Foram recebidas Plantas Simplificadas do TJ/SP e de um fornecedor de obras para o TJ/SP. Ex: Plantas do quinto andar (Figura 23), Térreo (Figura 24) e Subsolo (Figura 25).

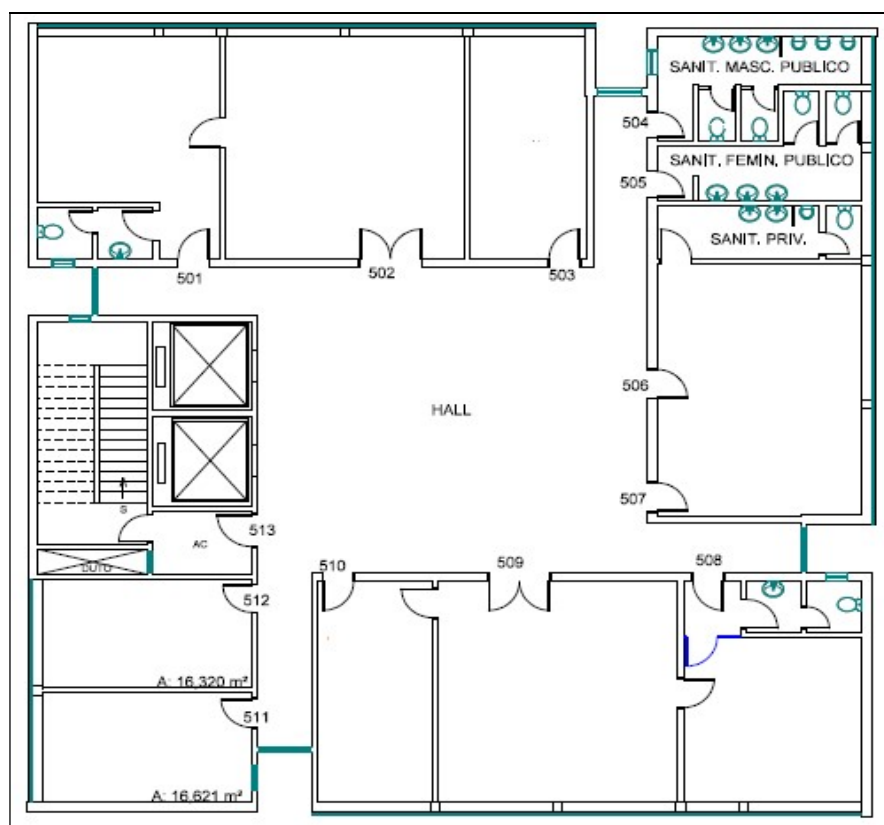


Figura 23: Planta do quinto andar em formato PDF. Fonte: TJ/SP- Fórum Pinheiros.

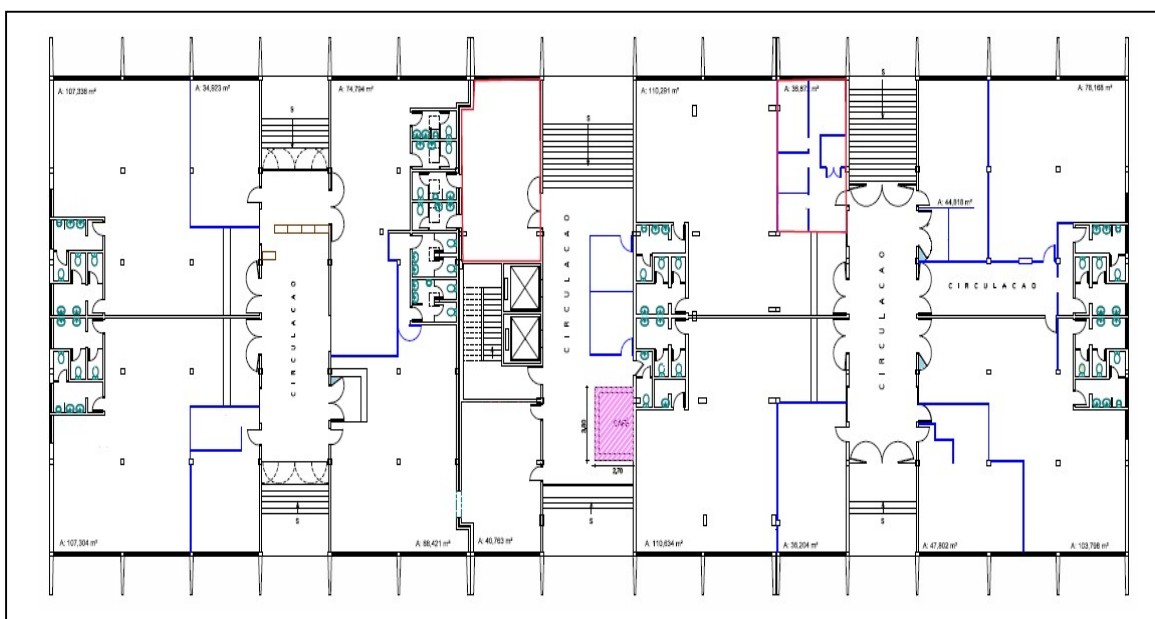


Figura 24: Planta do pavimento Térreo em formato PDF. Fonte: TJ/SP-Pinheiros.

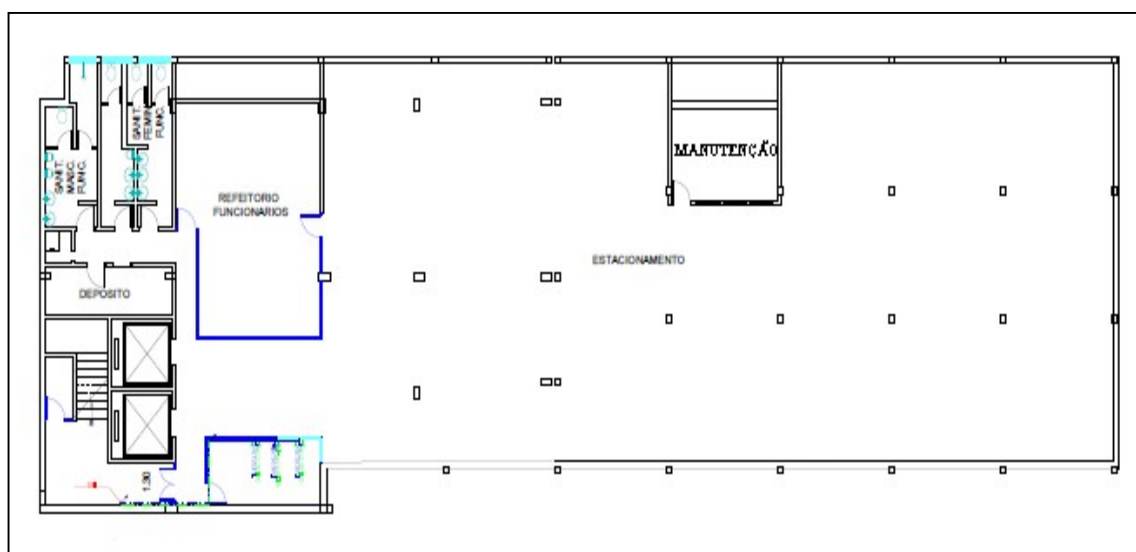


Figura 25: Planta do pavimento Subsolo em formato PDF. Fonte: TJ/SP-Pinheiros.

5.2 DIVISÃO DE ÁREAS POR CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL

Para estabelecer as zonas térmicas do prédio, sendo um tipo as áreas condicionadas e outros tipos de área listados, por exemplo, na Figura 26, foi feito um levantamento dos aparelhos de ar condicionado do prédio (todos de “janela” ou tipo “split”), áreas de circulação (permanência temporária) e áreas de permanência prolongada sem condicionamento artificial. Esta coleta de dados foi realizada em conjunto com o pessoal do TJ/SP e posteriormente os ambientes foram “coloridos” conforme a sua categoria, nas plantas dos andares.

Exemplo: Quinto andar (Figura 26)

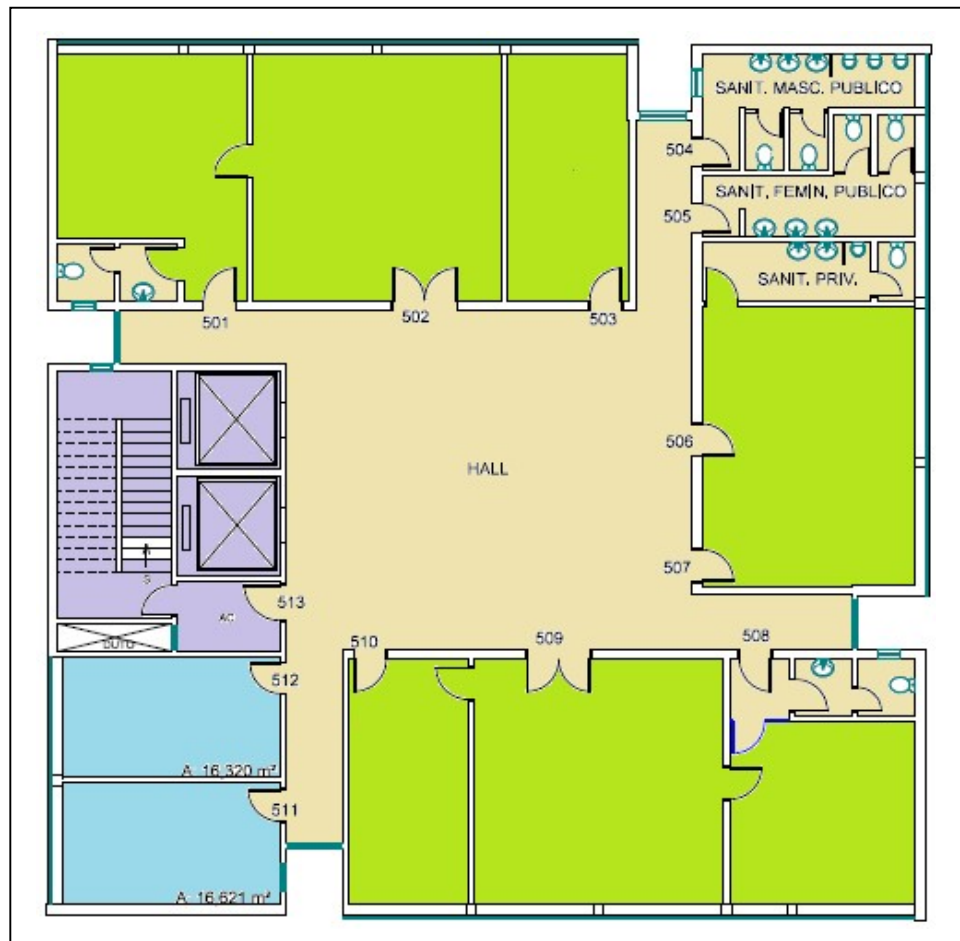


Figura 26: Desenho quinto andar com áreas por categoria . Fonte: autor, a partir planta fornecida pelo TJ/SP e dados levantados por visitas técnicas.

Onde,

- Verde – área condicionada de permanência prolongada
- Azul claro – área não condicionada de permanência prolongada
- Amarelo e Azul escuro – áreas de circulação e de escadas/elevadores.

5.3 MÉTODO PRESCRITIVO DO PROCEL-EDIFICA APLICADO AO EDIFÍCIO DO ESTUDO DE CASO

Conforme já citado, o método prescritivo do PROCEL trabalha com equações e tabelas e avalia três categorias da Edificação: Envolvória, Iluminação e Condicionamento de Ar (nas áreas de permanência prolongada).

Cada categoria tem seu cálculo individual e posteriormente é feito um cálculo geral por meio da equação 2.1 do RTQ-C (INMETRO, 2016), para se determinar o resultado da

classificação de Eficiência Energética do Prédio e estipular a Etiqueta PROCEL-Edifica a ser atribuída.

5.3.1 Indicador de consumo da envoltória

A Envoltória do edifício é composta de todas as fachadas do edifício e a cobertura, isto é, resumidamente, todas as paredes em contato com o ambiente externo.

É dependente da geometria do prédio, da abertura das fachadas, do tipo de vidro utilizado nas fachadas, dos ângulos verticais e horizontais de sombreamento, da área de projeção do prédio e da zona bioclimática em que este se encontra (Carlo & Lamberts, 2010b).

A partir destas características, é feito o cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env}) do edifício. A partir da alteração de duas características geométricas para encontrar o IC_{min} , valor de uma envoltória altamente eficiente, determinada por estudo anterior (Carlo, 2008)) e do $IC_{máx}$ para o nível D do PROCEL, com características tabeladas determinadas igualmente por estudo anterior (Carlo, 2008).

Então o IC_{env} é comparado com esses limites e é determinada a classificação PROCEL da Envoltória (INMETRO, 2016)

Após a classificação os pré-requisitos devem ser verificados, de acordo com a classificação obtida, que dependente desta, são valores de transmitância térmica e absorptâncias de paredes e coberturas e valor de abertura zenital (INMETRO, 2016).

”Transmitância térmica é a transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das coberturas e paredes, incluindo as resistências superficiais interna e externa”, segundo o RTQ-C (INMETRO, 2016). O isolamento térmico de um elemento da envoltória é dado por esse coeficiente de transmissão térmica “U” (transmitância). Quanto maior for a transmitância, menos capacidade de isolamento do sistema. Ou seja, reduzir a transmitância, aumentando espessura do isolamento térmico, reduz o consumo e aumenta a eficiência energética na fase de operação da construção (Ferreira, 2009).

A transmitância também pode ser calculada como o inverso da resistência térmica, isto é, $1/\text{Resistência térmica}$, conforme a norma NBR 15-220 (ABNT, 2005)

“Absortância à radiação solar é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (ABNT, 2004).

Cálculos de Indicadores de Consumo da Envoltória

Conforme determinação do RTQ-C-Anexo 2 pag 210, para prédios do tipo do TJ/SP-Pinheiros, composto de uma Base e uma Torre (Figura 27), deve ser feita uma separação em dois blocos e calculados separadamente, para depois se fazer um consolidação por área e obter o valor total do prédio por uma fórmula pré-determinada (PROCEL, 2016).

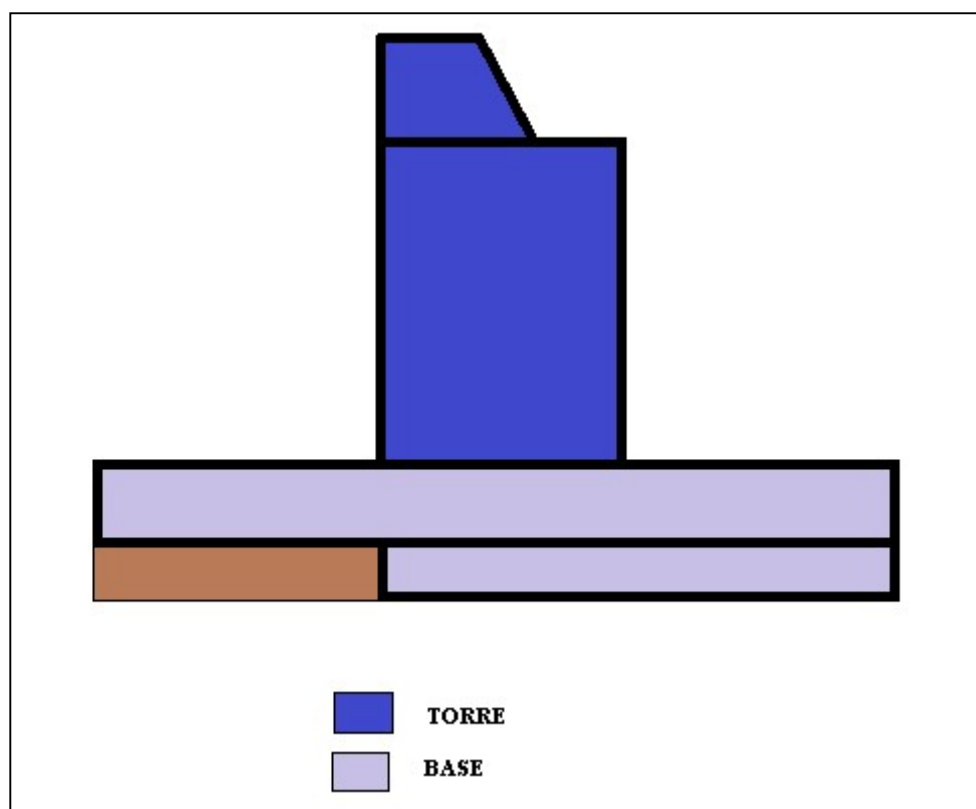


Figura 27: Desenho esquemático do Prédio do TJ/SP-Pinheiros. Fonte: autor.

Portanto os cálculos foram divididos para dois blocos distintos: Torre e Base, do Edifício. A Torre é composta de seis pavimentos de andares padrão, cobertura com telhado e casa de máquinas e caixa d'água num pavimento acima. A Base é composta de dois pavimentos, o Térreo e o Subsolo, que é parcialmente enterrado e possui uma área de garagem, além de refeitório e salas de motoristas e manutenção.

Depois são feitos os cálculos separados para os dois blocos, uma ponderação do equivalente numérico da Envoltória (EqNumEnv) por área de envoltória de cada bloco e determina-se o Indicador de Consumo e a classificação PROCEL-Edifica da envoltória do prédio todo (INMETRO, 2016).

Cálculos para a Envoltória da Torre:

Os cálculos em detalhes são mostrados no Apêndice A – Memorial de Cálculo da Envoltória.

Determinação de fatores geométricos da Torre:

5.3.1.1 Fator Altura da torre:

O Fator Altura é a divisão da área de projeção da cobertura (Apcob) pelo total de área de piso do edifício (Atot). Depende do número de pavimentos. Da área de piso do prédio devem-se excluir subsolos, com exceção de que alguma de suas fachadas tenha contato com o meio externo ou, dito de outra forma, ele é “parcialmente exposto”.(Carlo & Lamberts, 2010b)

Os cálculos em detalhes são mostrados no Apêndice A – Memorial de Cálculo da Envoltória

Fórmula usada, segundo o RTQ-C:

$$F_{\text{altura}}(\text{Torre}) = A_{\text{pcob}} / A_{\text{total}}(\text{torre})$$

Resultado:

$$F_{\text{altura}}(\text{Torre}) = \mathbf{0,1389}$$

5.3.1.2 Fator de Forma da Torre:

O Fator de Forma é a divisão da área da envoltória do prédio pelo volume do edifício.

Para calcular o Fator de Forma da Torre, considerar a área da envoltória (Aenv), que é constituída das fachadas e da cobertura e volume do prédio (Torre). A fórmula para ser calculada é, de acordo com o RTQ-C:

$$F_f(\text{Torre}) = A_{\text{env}} / \text{Volume}(\text{Torre})$$

Resultado:

$$F_{\text{forma}}(\text{Torre}) = \mathbf{0,258}$$

5.3.1.3 Percentual de Abertura das fachadas da Torre:

Altura da Torre = 19,80 m

Reentrâncias da Torre (Figura 28)

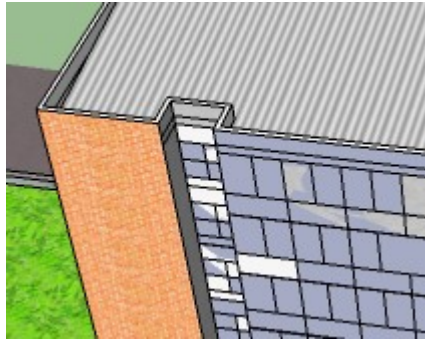


Figura 28: Desenho das reentrâncias da Torre. Fonte: autor.

Área envidraçada das reentrâncias:

Altura das janelas = 2,8 m

Seis janelas por reentrância:

Total envidraçado cada reentrância = 22,68 m²

Total parede nas 4 reentrâncias = 16,20 m²

Total envidraçado nas 4 reentrâncias = 90,72 m²

Fachada Oeste:

Fachada Oeste - R. Jericó-Total Largura = 25,42 m

Total envidraçado= 309,78 m²

Porcentagem envidraçada = 309,78 / 25,42*19,8

PAF (fachada Oeste) = 0,6154 (61,54 %)

Todas as Fachadas

Total Área das Fachadas = 2019,96 m²

Total Envidraçado Fachadas = 1053,00 m²

PAF_t = 0,5213 (52,13%)

Pelo RTQ-C, é necessário verificar se a abertura da Fachada Oeste é maior do que a abertura total + 20%. Se for o caso, a abertura da Fachada Oeste deve ser a utilizada nos cálculos (INMETRO, 2016).

$$PAf_t + 20\% = 62,55\% > 61,54\%$$

Portanto:

Usar **$PAf_t = 0,5213$ (Torre)**

5.3.1.4 Fator de Sombreamento Horizontal (AHS) da Torre

Desenho – Figura A2 do Apêndice A.

AHS das aberturas (reentrâncias):

Ângulo $y_1 = y_2 = 50^\circ \Rightarrow$ Pelo RTQ-C, pag. 106 usá-se no máximo **45°**

$AHS = (a * \text{área janelas reentrâncias}) + (b * \text{área demais janelas}) / \text{área janelas reentrâncias} + \text{área demais janelas}$

$$b=0$$

$$AHS = (45 * 90,72) + 0 / 1053$$

$$AHS = \mathbf{3,88^\circ}$$

5.3.1.5 Fator de Sombreamento Vertical

$AVS = 0^\circ$ \Rightarrow não existe sombreamento vertical

5.3.1.6 Determinação da fórmula a ser usada no método Prescritivo e Cálculo do Indicador de Consumo da Torre:

Pelo RTQ-C pg. 107, a fórmula foi definida pelos parâmetros:

- Zona bioclimática – São Paulo - ZB = 3
- Área de Projeção do Edifício Ape = 468,06 m² \rightarrow Ape \leq 500 m²
- Ff(Torre) = 0,258 < 0,70

Portanto, usar eq. 3.5 do RTQ-C:

$$IC_{env} = -175,30 * Fa - 212,79 * Ff + 21,86 * PAFt + 5,59 * FS - 0,19 * AVS + 0,15 * AHS + 275,19 * (Fa/Ff) + 213,35 * Fa * Ff - 0,04 * PAFt * FS * AVS - 0,45 * PAFt * AHS + 190,42$$

Onde,

$$AHS=3,88^\circ$$

$$AVS=0$$

$$Fa= 0,1389$$

$$Ff=0,258$$

$$Fs=0,635 \text{ (vidro bronze Cebrace 6 mm)}$$

$$PAFt=0,5213$$

IC_{env}= 281,59

5.3.1.7 Cálculo das faixas e determinação do Indicador de Consumo da Envoltória da Torre.

Para se determinar o valor de corte das faixas de A até E do Procel-Edifica para a Envoltória, é necessário se utilizar na mesma equação parâmetros pré-definidos e validados por estudos anteriores (Tabela 3). Esses parâmetros vão determinar o Indicador de Consumo mínimo (IC_{min}) e o Indicador de Consumo máximo para a faixa D do PROCEL-Edifica (IC_{max_D}), isto é, os valores que definem as faixas A até E (INMETRO, 2016)

Tabela 3: Parâmetros tabelados para determinação dos valores mínimos e máximos de IC da envoltória.

IC _{min}	IC _{max_D}
PAFt= 0,05	PAFt= 0,60
AVS=0	AVS=0
AHS=0	AHS=0
FS=0,87 (Fator solar dos vidros)	FS=0,61 (Fator solar dos vidros)

Fonte: autor baseado no RTQ-C (INMETRO, 2016)

Aplicando-se a equação 3.5 do RTQ-C para os parâmetros acima, foram obtidos os resultados:

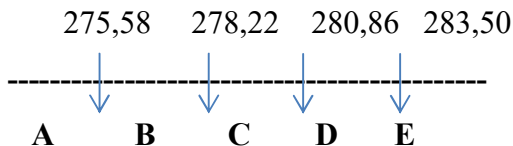
$$IC_{min} = 272,94$$

$$IC_{max_D} = 283,50$$

Para se calcular os intervalos entre as faixas de consumo da envoltória, dividir por 4 a diferença entre estes dois valores (INMETRO, 2016)

Intervalos:

$$i = (IC_{\max D} - IC_{\min})/4 = 2,64$$



Determinação da classificação ICenv da Torre:

ICenv(Torre) = 281,59 → Classificação D

5.3.1.8 Verificação dos Pré-Requisitos do RTQ-C para Classificação encontrada:

Para manter a Classificação D (Torre) é necessário que atenda ao pré-requisito específico de transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores.

Transmitância da Cobertura da Torre

Caixa de água e casa de máquinas devem ser excluídas do cálculo da transmitância térmica da cobertura (Figura 29) conforme o RTQ-C (INMETRO, 2016). Então a transmitância será dada somente pelo valor de transmitância do telhado.



Figura 29: Desenho edifício sem escada mostrando posição caixa de água e casa de máquinas.

Fonte: autor com base em plantas e fotos do edifício

O telhado é composto de telhas tipo sanduíche, metálicas de 0,1 cm com uma camada de 4 cm de isopor sobre uma laje de 10 cm de espessura, conforme a Figura 30.

Descrição:	
Laje maciça 10,0cm	
Câmara de ar (> 5,0 cm)	
Telha metálica* 0,1cm	
Poliestireno (isopor) 4,0cm	
Telha metálica* 0,1cm	
* A transmitância térmica independe se a telha tem formato trapezoidal ou ondulada	
U [W/(m²K)]	C _T [kJ/m²K]
0,68	229

Figura 30: Telhado da Torre com telha metálica com recheio de isopor. Fonte: extraída do Anexo

Geral V – Propriedades térmicas, portaria PROCEL/INMETRO 50/2013 pg. 20. Fonte: INMETRO, (2013)

$$\text{Transmitância térmica telhado} = U_{\text{cob}} = 0,68 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Valor não ultrapassa o valor máximo admitido para cobertura, Níveis C e D (RTQ-C Tabela M 6.1, pg. 190), que é de 2,00 W/(m²K) para qualquer zona bioclimática. **Portanto, a cobertura da Torre atende ao pré-requisito de transmitância térmica.**

Transmitância das Paredes da Torre

Face R. Original

Parede de concreto envernizada (escadas e elevadores)

Área da parede concreto = 145,53 m²

λ : condutividade térmica [W/m K]

$\lambda_{\text{concreto}} = 1,75 \text{ W/m K}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

Resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{\text{parede}_{\text{concreto}}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,3128$$

Transmitância da Parede (U_{par}) = $1 / R_{\text{parede}_{\text{concreto}}}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

$$U_{\text{par}} = 3,19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)}$$

Parede de tijolos com argamassa e reboco com pastilhas de litocerâmica

Composição parede: Tijolo na maior medida, argamassa, reboco e pastilha litocerâmica cor pêssego.

Espessura da Parede = 25 cm.

Área da parede = 134,64 m²

Pastilha de litocerâmica: espessura 10 cm

Condutividade térmica do tijolo = 0,9 (“Protolab - Tabela de Condutividade Térmica de Materiais de Construção”, [s.d.])

$\lambda_{\text{tijolo}} = 0,90 \text{ W/m K}$

$\lambda_{\text{cerâmica}}: 0,90 \text{ w/(m.k)}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

$\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}}: 1,15 \text{ w/(m.k)}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

Duas áreas distintas são encontradas na parede (ver Memorial de cálculo – Apêndice A):

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (19cm)+reboco+massa(3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (19cm) + reboco(3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

$$R = e / \lambda \text{ (expressão 1)}$$

Resistência Térmica Seção 1 (somente reboco e argamassa e massa corrida)

$$R_1 = e_{\text{pastilha}}/\lambda_{\text{pastilha}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{argamassa}}/\lambda_{\text{argamassa}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,230$$

Resistência Térmica Seção 2 (pastilha, reboco, tijolo, reboco)

$$R_2 = e_{\text{pastilha}}/\lambda_{\text{pastilha}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{tijolo}}/\lambda_{\text{tijolo}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,276$$

Resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{\text{parede}_{\text{concreto}}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,3128$$

Total da parede:

A1= área seção 1

A2= área seção 2

$$R_T = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_T = 0,263$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{\text{tparede}_{\text{concreto}}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,433$$

Transmitância térmica

$$U = 1/R_T$$

Transmitância da Parede ($U_{\text{par}} = 1/ R_T$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003))

$$\boxed{U_{\text{par}} = 2,31 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

Paredes das reentrâncias (tijolos com argamassa e reboco pintadas de cor gelo (ver desenho da Figura A4 no Apêndice A)).

Parede 1: Lateral – Espessura da parede = 0,15 m; Largura: 1,65 m; Altura: 19,80 m

Parede 2: Lateral – Espessura da parede = 0,15 m; Largura: 1,65 m; Altura: 19,80 m

Parede 3: Traseira – Espessura da parede = 0,25 m (desta parede subtrair 6 janelas envidraçadas (2,80 altura x 1,35 x 6 = 22,68 m²))

$$A_{\text{parede1}} = A_{\text{parede2}} = 1,65 * 19,8 = 32,67 \text{ m}^2$$

$$\text{Aparede 3} = (1,35 * 19,8) - 22,68 = 4,05 \text{ m}^2$$

Cálculos de Transmitância das paredes 1, 2 e 3 - RTQ-C, pag. 30 (PROCEL, 2015)

Resistência térmica das paredes:

Paredes 1 e 3:

Composição parede: Tijolo na menor medida, argamassa, reboco, massa corrida e tinta acrílico gelo:

Argamassa = 1 cm (para cima e para lados)

$\lambda_{\text{tijolo}} = 0,9 \text{ W/m K}$

$\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}}: 1,15 \text{ w/(m.k)}$;

Duas áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (9cm)+reboco+massa(3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (9cm) + reboco+massa(3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

Seção 1 (somente reboco e argamassa e massa corrida)

$$A_1 = 0,0025 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,0095 \text{ m}^2$$

$$R_1 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{argamassa}}/\lambda_{\text{argamassa}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,1304$$

Seção 2 (massa corrida, reboco, tijolo, reboco e argamassa+massa corrida)

$$R_2 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{tijolo}}/\lambda_{\text{tijolo}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,1522$$

Total da parede:

$$R_T = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_T = 0,147$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = 0,13 + 0,147 + 0,04 = 0,317$$

Transmitância térmica

$$U_{\text{par}} = 1/R_T \text{ (Expressão 2)}$$

$$U_{\text{par}} = 1/0,317$$

$$\mathbf{U_{par} = 3,15 \text{ W/(m}^2\text{K) (Paredes 1 e 3)}}$$

Parede 2:

Composição parede: Tijolo na maior medida, argamassa, reboco, massa corrida e tinta acrílico gelo:

Argamassa = 1 cm (para cima e para lados)

Duas áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (19cm)+reboco+massa(3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (19cm) + reboco+massa(3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

Seção 1 (somente reboco e argamassa e massa corrida)

$$\text{Área } A_1 = 0,0015 \text{ m}^2$$

$$\text{Área } A_2 = 0,0045 \text{ m}^2$$

$$R_1 = \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}} + \text{eargamassa}/\lambda_{\text{argamassa}} + \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,217$$

$$R_2 = \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}} + \text{etijolo}/\lambda_{\text{tijolo}} + \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,263$$

Total da parede:

$$R_T = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_T = 0,25$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{\text{tparede}_{\text{concreto}}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,42$$

Transmitância térmica

$$U_{\text{par}} = 1/0,42$$

$$\text{Upar} = 2,38 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ (Parede 2)}$$

Média ponderada Face Rua Original:

Parede com pastilhas litocerâmicas:

$$\text{Área} = 134,64 \text{ m}^2 ; U = 2,31 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$$

Parede concreto aparente envernizada:

$$\text{Área} = 145,53 \text{ m}^2 ; U = 3,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Paredes reentrância:

$$P1 \rightarrow \text{Área} = 32,67 \text{ m}^2 ; U = 3,15$$

$$P2 \rightarrow \text{Área} = 32,67 \text{ m}^2 ; U = 2,38$$

$$P3 \rightarrow \text{Área} = 4,05 \text{ m}^2 ; U = 3,15$$

$$\text{Média ponderada} = \text{Soma}(\text{Áreas} \times U_{\text{par}}) / \text{Soma das áreas}$$

$$\boxed{U_{\text{media}} = 2,77 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Média Ponderada Face Rua Costa Lôbo:

Parede Pastilhas Litocerâmicas:

$$\text{Largura} = 6,80 \text{ m} ; \text{Altura} = 19,80 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 134,64 \text{ m}^2 ; U = 2,31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Paredes reentrância:

$$P1 \rightarrow \text{Área} = 32,67 \text{ m}^2 ; U = 3,15$$

$$P2 \rightarrow \text{Área} = 32,67 \text{ m}^2 ; U = 2,38$$

$$P3 \rightarrow \text{Área} = 4,05 \text{ m}^2 ; U = 3,15$$

$$\text{Média ponderada} = \text{Soma}(\text{Áreas} \times U) / \text{Soma das áreas}$$

$$\boxed{U_{\text{media}} = 2,47 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Média Ponderada Face Rua Filinto de Almeida:

Parede Pastilhas Litocerâmicas:

$$\text{Largura} = 6,00 \text{ m} ; \text{Altura} = 19,80 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 118,8 \text{ m}^2 ; U = 2,31 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Paredes reentrância:

$$P1 \rightarrow \text{Área} = 32,67 \text{ m}^2 ; U = 3,15$$

$$P2 \rightarrow \text{Área} = 32,67 \text{ m}^2 ; U = 2,38$$

$$P3 \rightarrow \text{Área} = 4,05 \text{ m}^2 ; U = 3,15$$

$$\text{Média ponderada} = \text{Soma}(\text{Áreas} \times U_{\text{par}}) / \text{Soma das áreas}$$

$$\boxed{U_{\text{media}} = 2,49 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

Média Ponderada Face Rua Jericó:

Parede Pastilhas Litocerâmicas:

Largura = 6,00 m ; Altura = 19,80 m

Área = 118,8 m² ; U = 2,31 W/m²K

Paredes reentrância:

P1 → Área = 32,67 m² ; U = 3,15

P2 → Área = 32,67 m² ; U = 2,38

P3 → Área = 4,05 m² ; U = 3,15

Média ponderada = Soma(Areas x U) / Soma das áreas

U_{media} = 2,49 W/ m²K

Conforme o RTQ-C, para as classificações C e D, a transmitância térmica (U_{par}) das paredes externas deve ficar abaixo do limite associados a sua Zona Bioclimática: para ZB 3 deve ser menor que 3,70 W/m²K.

Portanto, a Torre atende ao Pré-requisito de Transmitância Térmica para o nível D, que é mantido.

Determinação dos Fatores Geométricos da Base

A Base do edifício é constituída dos pavimentos Térreo e Subsolo.

5.3.1.9 Fator Altura da Base:

O Fator Altura é a divisão da área de projeção da cobertura (A_{pcob}) pelo total de área de piso do edifício (A_{tot}). Depende do número de pavimentos. Da área de piso do prédio devem-se excluir subsolos, com exceção de que “... **alguma de suas fachadas tenha contato com o meio externo ou, dito de outra forma, ele é “parcialmente exposto”**.”(Carlo & Lamberts, 2010b)

A_{pcob}/A_{tot}

A_{pcob} = área do teto do térreo

Área de projeção da cobertura do Térreo = 1863,97 m²

Área total do piso da Base:

Área de piso do Térreo + Área de piso do subsolo (parcialmente exposto):

Área de piso do Térreo:

Área total de piso – vão das escadas + área das escadas

Total área a ser excluída do Térreo (vão escadas) = 4,97 + 4,97 + 0 + 1,162 + 15,625 + 11,875 = 38,60 m²

Area piso térreo = 1863,97 – 38,60 = 1825,37 m²

$$\text{Área de piso do Subsolo} = 715,07 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de piso Base} = \text{Área piso térreo} + \text{Área de piso do Subsolo}$$

$$\text{Área total de piso Base} = 1825,37 + 715,07 = 2540,44 = \text{Atotal (Base)}$$

$$F_{\text{altura}}(\text{Base}) = A_{\text{pcob}} / \text{Atotal piso (Base)}$$

$$F_{\text{altura}}(\text{Base}) = 1863,97 / 2540,44$$

Fator Altura da Base:

$$F_{\text{altura}}(\text{Base}) = \mathbf{0,73}$$

5.3.1.10 Fator de Forma da Base:

Os cálculos em detalhes são mostrados no Apêndice A – Memorial de Cálculo da Envoltória

Cálculo do Fator de Forma:

$$F_f = A_{\text{env}} / \text{Volume prédio}$$

Volume do prédio:

$$\text{Volume base} = A_{\text{terreo}} \times \text{pé-direito} + A_{\text{subsolo}} \times \text{pé-direito}$$

$$\text{Pé-direito térreo} = 4,10$$

$$\text{Pé-direito subsolo} = 3,60$$

$$V_{\text{base}} = 1863,97 \times 4,10 + 715,07 \times 3,60 =$$

$$V_{\text{base}} = 10216,53 \text{ m}^3$$

$$\text{Envoltória} \rightarrow A_{\text{env}} = A_{\text{env fachadas térreo}} + A_{\text{env cob térreo}} + A_{\text{env subsolo}}$$

$$A_{\text{env fachadas térreo}} = 815,65 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{env cob térreo}} = A_{\text{total cobertura}} = 1863,97 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{env subsolo}} = \text{praticamente não há paredes externas; considerado} = 0 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{env}} = 815,65 + 1863,97 = 2679,54 \text{ m}^2$$

Fator de Forma da Base:

$$F_f \text{ base} = 2679,54 / 10216,53 = \mathbf{0,26}$$

5.3.1.11 Percentual de Abertura das fachadas da Base:

Terreo

Fachadas Ruas Filinto de Almeida e Jericó

Área Total fachadas = $74,42 * 4,10 = 305,12 \text{ m}^2/\text{fachada} * 2 = 610,24 \text{ m}^2$

Área fachada envidraçada (as duas fachadas) = $406,30 \text{ m}^2$

Área fachada aberturas = $15,45 * 4,10 * 2 = 126,69 \text{ m}^2$

Portanto, área Total fachadas (duas) = $610,24 - 126,69 = 483,55 \text{ m}^2$

Fachadas Ruas Costa Lôbo e Rua Original:

Área Total fachadas = $102,70 \text{ m}^2/\text{fachada} * 2 \text{ fachadas} = 205,40 \text{ m}^2$

Área envidraçada Total = 6 janelas de 1,20 por 0,50 por fachada = $7,20 \text{ m}^2 = 14,40 \text{ m}^2$

Base completa:

Área Total 4 fachadas Base (Térreo + subsolo) = $815,64 \text{ m}^2 \rightarrow \text{errata} \rightarrow 688,95 \text{ m}^2$

Área Total vazada (vidros + aberturas) = $540,19 \text{ m}^2 \rightarrow \text{errata} \rightarrow 427,90 \text{ m}^2$

Porcentagem abertura fachada Base:

$$\text{PAFt} = 427,90/688,95 = 0,62$$

Fachada Oeste:

PAFo é calculado para a face oeste, que neste caso é a fachada da rua Jericó.

$$\text{PAFo} = 203,15/241,77 = 0,84 \text{ (R. Jericó)}$$

Verificação PAFt x PAFo

PAFt + 20% deve ser maior que PAFo

$$\text{PAFt} + 20\% = 0,62 + (0,2 * 0,62) = 0,74 < 0,84; \text{Portanto usar PAFo} = 0,84$$

5.3.1.12 Cálculos de Ângulos de Sombreamento Vertical (AVS) e Horizontal (AHS):

Determinação dos ângulos de sombreamento – ver Apêndice A– Memorial de Cálculo

Fachadas Rua Jericó e Rua Filinto de Almeida:

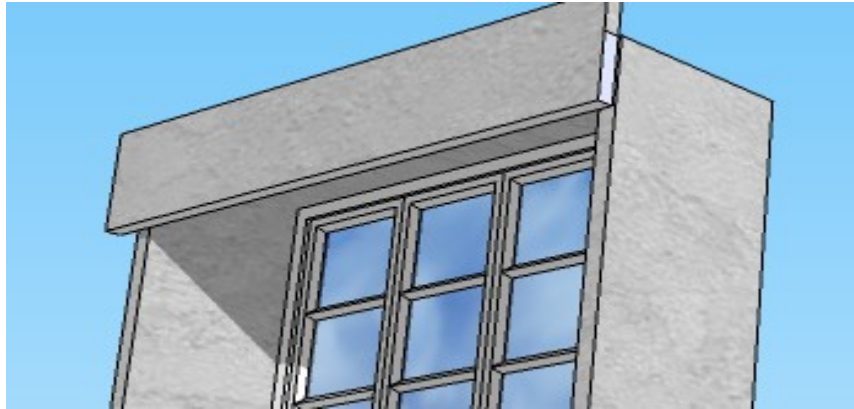


Figura 31: Vista parcial lateral envidraçada fachadas ruas Jericó e Filinto de Almeida. Fonte: autor.

Conforme mostrado na Figura 31 e calculado no Apêndice A,

$$AVS = 31^\circ$$

$$AHS = 24^\circ$$

Fachadas Rua Costa Lôbo e R. Original

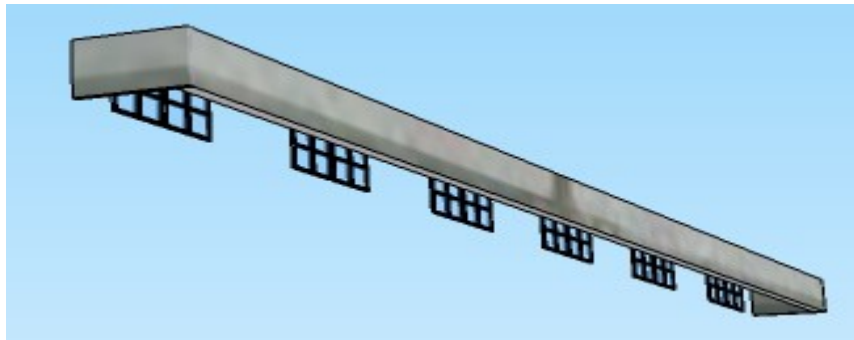


Figura 32: Vista parcial lateral fachada ruas Original e Costa Lôbo. Fonte: autor.

Conforme mostrado na Figura 32 e calculado no Apêndice A,

$$AVS = 0$$

$$AHS = 45^\circ \text{ (máximo pelo RTQ-C)}$$

Cálculo AHS total ponderado Térreo:

$$\text{Áreas abertura fachadas Jericó e Filinto} = 4,55 \times 3,60 \times 12 \times 2 = 393,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Áreas abertura fachadas C. Lôbo e Original} = 1,20 \times 0,50 \times 6 \times 2 = 7,2 \text{ m}^2$$

$$\text{AHS Ponderado} = (393,12 \times 24^\circ) + (7,2 \times 45^\circ) / (393,12 + 7,2) = 24,37^\circ$$

Portanto, para o Térreo:

$$\text{AHS} = 24,37^\circ$$

$$\text{AVS} = 31^\circ$$

Subsolo

Existem três janelas de 1,2 m x 0,5 m → sem proteção solar.

$$\text{AHS} = \text{AVS} = 0$$

5.3.1.13 Determinação da fórmula a ser usada no método Prescritivo e Cálculo do Indicador de Consumo da Base:

Pelo RTQ-C pg. 107, a fórmula foi definida pelos parâmetros já calculados:

- Zona bioclimática – São Paulo - ZB = 3
- Área de Projeção da Base = $A_{peBase} = 1863,97 \text{ m}^2 > 500 \text{ m}^2$
- $Ff(Base) = 0,26 > 0,15$

Equação a ser usada, pelo RTQ-C (PROCEL, 2015):

$$\text{ICenv} = -14,14 \text{ FA} - 113,94 \text{ FF} + 50,82 \text{ PAFt} + 4,86 \text{ FS} - 0,32 \text{ AVS} + 0,26 \text{ AHS} - 35,75/\text{FF} - 0,54 \text{ PAFt} \cdot \text{AHS} + 277,98$$

Onde,

$$\text{AHS} = 24,37^\circ$$

$$\text{AVS} = 31^\circ$$

$$\text{Fa} = 0,73$$

$$\text{Ff} = 0,26$$

$$\text{Fs} = 0,635 \text{ (Fator solar do vidro bronze Cebrace 6 mm)}$$

$$\text{PAFt} = \text{PAFo} = 0,84$$

$$\text{ICenv} = -14,14 * 0,73 - 113,94 * 0,26 + 50,82 * 0,84 + 4,86 * 0,635 \text{ (é o mesmo vidro da torre)} - 0,32 * 31 + 0,26 * 24,37 - 35,75/0,26 - 0,54 * 0,84 * 24,37 + 277,98$$

$$\text{ICenv} = -10,32 - 29,62 + 42,688 + 3,086 - 9,92 + 6,336 - 137,50 - 11,05 + 277,98$$

$$\text{ICenv} = 131,68$$

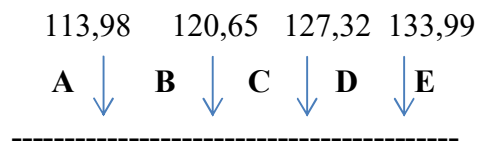
Calcular ICmin e ICmax_D, conforme Tabela 3

ICmin = 107,31

ICmax_D = 133,99

5.3.1.14 Cálculo das faixas e determinação do Indicador de Consumo da Envoltória da Base.

$$I = (IC_{\max} - IC_{\min})/4 = (137,94 - 111,26)/4 = 6,67$$



Determinação da classificação ICenv da Base

ICenv(Base) = 131,68 → Classificação D

5.3.1.15 Verificação dos Pré-Requisitos para Classificação encontrada da Base:

Para manter a Classificação C (Base) é necessário que atenda ao pré-requisito específico de transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores.

Cobertura: é composta de telhado verde (vegeta) e o espaço da torre, não considerado.

Fachadas Filinto e Jericó = Paredes laterais opacas são praticamente inexistentes, somente vidro.

Fachadas Original e C. Lôbo = Paredes laterais de Tijolos de 0,25 m com emboço desempenado de argamassa de cimento e areia, massa fina pintada com látex acrílico cor branco.

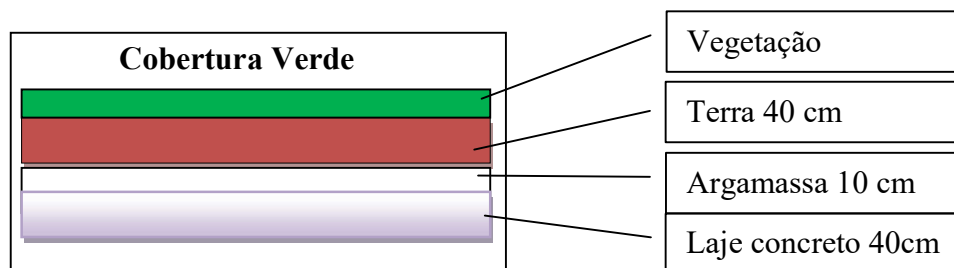


Figura 33: Desenho esquemático teto vegetal. Fonte: autor baseado em planta fornecida pelo TJ/SP.

Na Figura 33, entre a argamassa e a laje existe manta impermeável de 1,5 cm.

Resistência térmica:

$$R_{cob} = R_{terra} + R_{argamassa} + R_{manta} + R_{concreto}$$

Deve-se levar em conta e somar as resistências superficiais externas (R_{se}) e internas (R_{si}) dos materiais (NBR 15-220):

$$R_{Tcob} = R_{se} + R_{cob} + R_{si}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Cálculo Resistência pela Norma 15220

R = espessura elemento / condutividade térmica do elemento (λ).

Condutividade

Concreto: $\lambda_{concreto} = 1,75 \text{ W/m K}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

Terra: $\lambda_{terra} = 1,88 \text{ W/m K}$

Argamassa: $\lambda_{argamassa} = 1,15 \text{ W/m K}$

Manta: $\lambda_{manta} = 0,23 \text{ W/m K}$

Conforme cálculos demonstrados no Apêndice A.

Resistência térmica da cobertura:

$$R_{Tcob} = 0,8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Transmitância térmica da cobertura:

$U_{cob} = 1,25 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Portanto, a Cobertura da Base atende ao pré-requisito de transmitância térmica para a classificação C.

Faces R. Original e R. Costa Lôbo

Área ocupada pela parede (menos 6 janelas):

$$\text{Área} = 103,93 \text{ m}^2$$

Parede :

Composição parede: tijolo na maior medida, argamassa, reboco, massa corrida e tinta acrílico gelo:

Propriedades térmicas dos materiais: (RTQ-C pg. 30)

$\lambda_{\text{cerâmica}}: 0,90 \text{ W/(m.k)}$; $\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}}: 1,15 \text{ W/(m.k)}$;

Duas áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (19cm)+reboco+massa(3cm)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (19cm) + reboco+massa(3cm)

Resistência Térmica do material (ver memória cálculo – Apêndice A)

$R_t = 0,42$

Transmitância térmica parede (U_{par}) = $1/R_t$

$U_{\text{par}} = 2,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Observações:

1. O subsolo não será levado em consideração no cálculo da transmitância devido a ter uma parte “enterrada” e outra grande parte aberta, sem paredes em contato com o meio externo (com exceção de algumas colunas e um trecho muito pequeno na face da Rua Costa Lôbo e outro na face da Rua Jericó, que foram desconsideradas).

2. As Faces da Rua Jericó e Felinto de Almeida são totalmente envidraçadas no Térreo e, portanto não contêm paredes para verificação da transmitância.

3. As platibandas já foram levadas em consideração no cálculo das proteções solares (AVS e AHS)

Conforme o RTQ-C, para as classificações C e D, a transmitância térmica (U_{par}) das paredes externas deve ficar abaixo do limite associados a sua Zona Bioclimática: para ZB 3, deve ser menor que $3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$. (INMETRO, 2016).

Portanto, a Base atende ao Pré-requisito de Transmitância Térmica para o nível D, que é mantido.

5.3.1.16 Determinação do Equivalente Numérico ponderado entre a Base e a Torre (Classificação Geral do Prédio)

Cálculo da Classificação geral da Envoltória do edifício. Segundo o RTQ-C (pg. 210): “As Envoltórias serão avaliadas separadamente, por bloco, e sua classificação será ponderada pela área da envoltória, para definir o EqNumEnv da equação final.” (INMETRO, 2016)

Área Envoltória da Torre: 2393,91 m²

Classificação da Envoltória da Torre: D (EqNumEnv = 2)

Área Envoltória da Base: 2786,72 m²

Classificação da Envoltória da Base: D (EqNumEnv = 2)

Classificação ponderada:

$$\text{EqNumEnv} = (\text{Aenv}_{\text{torre}} \times \text{Eqnum torre}) + (\text{Aenv}_{\text{base}} \times \text{Eqnum base}) / \text{Aenv}_{\text{torre}} + \text{Aenv}_{\text{base}}$$

$$\text{EqNumEnv} = (2393,91 \times 2) + (2786,72 \times 2) / 2393,91 + 2786,72$$

$$\text{EqNumEnv} = 2$$

Pela Tabela 2.3 do RTQ-C (pg. 69):

Classificação geral da Envoltória do Prédio = D (1,5 < 2 < 2,5)

EqNumEnv = 2

5.3.2 Iluminação

Para se determinar a classificação do método prescritivo do PROCEL-Edifica relativa a categoria Iluminação foi necessário um levantamento dos pontos de iluminação do edifício, tipos de lâmpadas e potências das lâmpadas. Esse levantamento é mostrado no Apêndice B – Dados de Iluminação do Edifício. Os resultados consolidados são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Quantidade de lâmpadas e potência de iluminação por andar

Pavimento	Tipo Lâmpadas	Potência Iluminação
Subsolo	Fluorescente / LED	3256
Térreo	Fluorescente / LED / Fluorescente compacta	32090
Primeiro Andar	Fluorescente	6720

Segundo Andar	Fluorescente / LED	5984
Terceiro Andar	Fluorescente / LED	5060
Quarto Andar	Fluorescente / LED	5060
Quinto Andar	Fluorescente / LED	4572
Sexto Andar	Fluorescente / LED	6388
Total Geral Edifício (W)		69130

. Fonte: autor, com base nos dados coletados no TJ/SP.

5.3.2.1 Determinação da Eficiência do Sistema de Iluminação

Segundo o RTQ-C, “..um edifício com um sistema de iluminação eficiente fornece os níveis adequados de iluminâncias para cada tarefa consumindo o mínimo de energia, e também gerando a menor carga térmica possível.”(INMETRO, 2016)

Determinação do método: este cálculo pode ser efetuado por dois métodos (INMETRO, 2016)

Método das Áreas:

Avalia o sistema como um todo e é usado quando existam 3 atividades principais no máximo, no edifício. Deve ser usado também quando estas atividades são desenvolvidas em mais de 30% da área total do edifício, segundo o RTQ-C (INMETRO, 2016).

Método das Atividades

Avalia separadamente cada ambiente, de acordo com seu uso. Pode trazer uma bonificação com o aumento da DPI (densidade de potência limite) relacionada ao espaço de cada ambiente (INMETRO, 2016).

No caso presente foi usado o Método das Áreas, devido ao prédio atender a até 3 atividades principais.

Não existe uma categoria de edifício denominada “Fórum” no manual de Requisitos Técnicos (RTQ-C) do PROCEL. Como, pelo mesmo manual, existe a orientação de se utilizar a categoria mais próxima possível (INMETRO, 2016) e existem duas categorias que poderiam ser enxergadas como tal: “Prefeituras - Instituições Governamentais” e “Tribunais”. Foram efetuados os cálculos e as classificações do prédio utilizando-se estes dois parâmetros, para efeito de comparação.

Obs: segundo informado pelo pessoal do TJ/SP, o prédio em questão não tem “julgamentos”, somente “audiências”, por isso a incerteza de classifica-lo como “Tribunais”.

Pela tabela 4.1 do RTQ-C de densidades de potência de iluminação (DPI) para as classificações do PROCEL-Edifica, usando como referência **Prefeituras-Inst. Governamentais**.

DPI_L = (Nível A)	9,9 W/m ²
DPI_L = (Nível B)	11,4 W/m ²
DPI_L = (Nível C)	12,9 W/m ²
DPI_L = (Nível D)	14,4 W/m ²
Área Total da Edificação	5465,31 m ²

Comparando-se com as potências Limites admitidas para cada nível de classificação em Watts:

Potência Limite (nível A)	54106,57
Potência Limite (nível B)	62304,53
Potência Limite (nível C)	70502,5
Potência Limite (nível D)	78700,46

$$\text{Somatória Lâmpadas (W)} \quad 69130,00 \rightarrow 70502,50 < 69130 < 62304,53$$

Portanto, por estes parâmetros a classificação do edifício é **NÍVEL C**.

Pela tabela 4.1 do RTQ-C, usando como referência **Tribunais**

DPI_L = (Nível A)	11,3 W/m ²
DPI_L = (Nível B)	13,0 W/m ²
DPI_L = (Nível C)	14,7 W/m ²
DPI_L = (Nível D)	16,4 W/m ²
Área Total da Edificação	5465,31 m ²

Potência Limite (nível A)	61758,00
Potência Limite (nível B)	71049,03
Potência Limite (nível C)	80340,06

Potência Limite (nível D) 89631,08

Somatória Lâmpadas (W) 69130 → 71049,03 < 69130 < 61758,00

Portanto, por estes parâmetros, a classificação do edifício no método prescritivo do PROCEL-Edifica para a categoria Iluminação é NÍVEL B.

Cabe observar que as lâmpadas utilizadas no edifício são em sua maioria, fluorescentes, mas, segundo informações dos administradores do prédio, estão sendo substituídas aos poucos por modelos Led, que consomem menos. No momento em que os dados foram levantados, de 1777 lâmpadas, 85 (4,78%) eram do tipo Led.

5.3.2.2 Avaliação de Pré-requisitos Específicos.

Para atender ao Nível B de classificação PROCEL, o edifício deveria atender ao pré-requisito de aproveitamento de luz natural especificado no manual RTQ-C (INMETRO, 2016), o que não acontece neste prédio.

Portanto o nível de classificação da iluminação no método prescritivo do PROCEL-Edifica para o edifício, em qualquer dos dois casos é NÍVEL C.

5.3.3 Condicionamento de Ar

A classificação do condicionamento de ar do edifício, para prédios somente com condicionadores do tipo janela ou split, como é o caso, é dada pela média ponderada dos equivalentes numéricos das classificações PROCEL dos aparelhos utilizados e das capacidades destes em BTU/h. Foram levantados os aparelhos de ar condicionado, andar por andar, por meio de verificações in loco e quando necessária análise dos documentos fornecidos pelo TJ/SP. Estes dados foram detalhados no Apêndice C. Para efeito de aproximação, quando não foi possível se determinar a performance energética de um aparelho, foi assumido o pior caso, isto é, a classificação “E” no sistema PROCEL para este tipo de equipamento, que corresponde para efeito de cálculo ao equivalente numérico = 1.

Aparelhos portáteis de ar condicionado (2) existentes no prédio não foram considerados nos cálculos, por não fazer parte da estrutura da edificação.

A Tabela 5 mostra o equivalente numérico para cada classificação de aparelhos de ar condicionado:

Tabela 5: Equivalentes numéricos para aparelhos de ar condicionado conforme classificação do PROCEL.

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: (INMETRO, 2016)

A Tabela 6 resume, para cada andar, a capacidade em BTU/h, os coeficientes de ponderação e a classificação parcial, para determinação da eficiência energética pelo método Prescritivo do PROCEL-Edifica.

Tabela 6: Capacidade e classificação energética dos condicionadores de ar.

Térreo

BTU	CAT		Coef Pond	Valor	Classificação
	Procel	EqNum			
24000	D	2	0,444444	0,888888889	
30000	B	4	0,555556	2,222222222	
Geral Térreo				3,11	C

1º andar

BTU	CAT		Coef Pond	Valor	Classificação
	Procel	EqNum			
42000	A	5	0,323077	1,615384615	
30000	B	4	0,230769	0,923076923	
48000	D	2	0,369231	0,738461538	
10000	E	1	0,076923	0,076923077	

Geral 1º andar	3,35	C
-----------------------	------	----------

2ªandar

BTU	CAT		Coef Pond	Valor	Classificação
	Procel	EqNum			
48000	C	3	0,4	1,2	
48000	B	4	0,4	1,6	
24000	D	2	0,2	0,4	
Geral 2º andar			3,20		C

3ªandar

BTU	CAT		Coef Pond	Valor	Classificação
	Procel	EqNum			
63000	A	5	0,368421	1,842105263	
90000	B	4	0,526316	2,105263158	
18000	E	1	0,105263	0,105263158	
Geral 3º andar			4,05		B

4ªandar

BTU	CAT		Coef Pond	Valor	Classificação
	Procel	EqNum			
42000	A	5	0,304348	1,52173913	
30000	B	4	0,217391	0,869565217	
48000	C	3	0,347826	1,043478261	
18000	A	5	0,130435	0,652173913	
Geral 4º andar			4,08		B

5ªandar

BTU	CAT		Coef Pond	Valor	Classificação
	Procel	EqNum			
42000	A	5	0,266667	1,333333333	
90000	B	4	0,571429	2,285714286	
18000	A	5	0,114286	0,571428571	
7500	E	1	0,047619	0,047619048	
Geral 5º andar			4,24		B

6ª andar

BTU	CAT			Valor	Classificação
	Procel	EqNum	Coef Pond		
1620000	B	4	1	4	
Geral 6º andar				4	B

Fonte: autor usando dados coletados no TJ/SP.

5.3.3.1 Cálculo da Classificação Geral do Edifício, para o Sistema de Condicionamento de Ar.

Média Geral	3,72	B
-------------	------	---

Portanto, pelo quesito Condicionamento de Ar, o prédio é avaliado como **NÍVEL B** no método prescritivo do PROCEL-Edifica/PBE-Edifica.

Obs:

1. Os aparelhos de Ar Condicionado estimados como piores casos (1º, 3º, 5º andares), e incluídos na classificação “E”, não afetaram significativamente o resultado.
2. Os piores pavimentos, em relação a condicionamento de ar, são: o térreo, o primeiro e o segundo andares.

5.3.4 Cálculo da Pontuação Geral do Prédio (ENVOLTÓRIA, ILUMINAÇÃO E CONDICIONAMENTO de Ar).

Fórmula a ser utilizada, segundo o RTQ-C, equação 2.1 (INMETRO, 2016)

$$PT = 0,30 * \{(EquNumEnv * (AC/AU)) + ((APT/AU) * 5 + (ANC/AU) * EqNumV)\} + 0,30 * (EqNumDPI) + 0,4 * \{(EquNumCA * (AC/AU)) + ((APT/AU) * 5 + (ANC/AU) * EqNumV)\} + b$$

Onde:

- AC (m²) é a área útil dos ambientes climatizados
- AU (m²) é a área útil total
- EquNumEnv (valor numérico) - equivalente numérico da envoltória.

- EqNumDPI (valor numérico) - equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- EqNumCA (valor numérico) - equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- APT (m^2) representa a área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não climatizados.
- ANC (m^2) representa a área útil dos ambientes não climatizados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) pelo método da simulação.
- EqNumV (valor numérico) é o equivalente numérico de ambientes não climatizados e/ou ventilados naturalmente.
- b (valor numérico) representa a pontuação obtida pelas bonificações, que pode variar de zero a 1.

Obs: EqNumV é o equivalente numérico de ambientes não climatizados e/ou ventilados naturalmente. Edifícios com ventilação natural ou áreas de permanência prolongada sem condicionamento artificial necessitam comprovar uma porcentagem de horas dentro da zona de conforto nestes ambientes. Essa comprovação deve ser obtida por meio de simulação, segundo o RTQ-C, pag. 198 (INMETRO, 2016)

5.3.4.1 Valores dos Equivalentes numéricos:

Condicionamento de Ar: Classificação **B** → **EqNumCA = 4**

Iluminação: Classificação **C** → **EqNumDPI = 3**

Envoltória → Classificação **D** → **EqNumEnv = 2**

Os cálculos estão detalhados no Apêndice D – Cálculo da Pontuação Total do Edifício.

5.3.4.2 Resultados para os parâmetros

$$AC = 1288,71 \text{ m}^2$$

$$AU = 4658,47 \text{ m}^2$$

$$APT = 1921,08 \text{ m}^2$$

$$ANC = 1430,86 \text{ m}^2$$

$$\text{EqNumDPI} = 3$$

$$\text{EqNumCA} = 4$$

$$EqNumEnv = 2$$

Ventilação Natural: $EqNumV = 0$ (Não considerados os ambientes não ventilados, pois não há estudo de conforto térmico e simulação)

$$b = 0 \text{ (não existem bonificações)}$$

5.3.4.3 Resultado da Pontuação Total:

$$PT = 2,951$$

5.3.4.4 Determinação da Classificação Geral PROCEL-Edifica do Prédio

Tabela 7: Classificação final a ser aplicada sobre o resultado da fórmula ponderada

Classificação Final	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: autor, baseado em INMETRO (2016).

Portanto, de acordo com a Tabela 7 a classificação Geral do edifício no PROCEL-Edifica, de acordo com o método prescritivo é:

$$2,5 < 2,951 < 3,5 \rightarrow \text{Classificação PROCEL} = \text{Etiqueta ENCE } \underline{\text{C}}$$

5.3.4.5 Considerações sobre Ambientes Não Ventilados:

O $EqNumV$ é o equivalente numérico de ambientes não climatizados e/ou ventilados naturalmente: segundo o RTQ-C, pag 198, construções com ventilação natural ou áreas de permanência prolongada sem condicionamento artificial, necessitam a comprovação de que estes ambientes tem um certo número de horas (em porcentagem) na “zona de conforto”. Por simulação isso deve ser verificado.

Como não foi possível fazer a simulação para determinação do Equivalente Numérico de Ambientes não climatizados de permanência prolongada (EqNumV), foram feitos cálculos de avaliação para o melhor e o pior caso.

Cálculos em detalhes no Apêndice D.

5.3.4.5.1 Pior Caso

Pior Caso → Classificação E → EqNumV = 1

Cálculos no Apêndice D :

PT = 3,25 – Etiqueta ENCE do PROCEL-Edifica C (não há alteração)

5.3.4.5.2 Melhor Caso

Melhor Caso → Classificação A → EqNumV = 5

Cálculos no Apêndice D :

PT = 4,11– Etiqueta ENCE do PROCEL-Edifica B (há alteração para melhor)

5.4 QUADRO SÍNTESE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS

Na Figura 34 é mostrado um resumo dos resultados obtidos pela metodologia do PROCEL-Edifica para o prédio em estudo.

Tema	Detalhes	Resultado	Classificação Calculada Procel-Edifica	Pré-requisito	Atendimento Pré-Requisitos	Classificação Final
Envoltória	Base	131,68	D	Transmitância térmica de paredes e cobertura	Sim	D
	Torre	281,59	D	Transmitância térmica de paredes e cobertura	Sim	
	Prédio completo	--	D	--	--	
Iluminação	Avaliação potência de iluminação	Prefeituras-Instituições Governamentais	C	Divisão circuitos por função	Sim	C
		Tribunais	B	Divisão circuitos por função e Aproveitamento da luz natural	Sim/Não	
Ar condicionado	Eficiência dos aparelhos	Aparelhos tipo Split e de Janelas	B	--	--	B

	individuais					
Classificação o Geral do Prédio	Envoltória + Iluminação + Condiciona mento de Ar	Resultado Global = 2,95	C	--	--	C

Figura 34: Quadro síntese dos resultados encontrados. Fonte: autor.

6 DISCUSSÃO

Neste capítulo são discutidas as características positivas encontradas e as oportunidades de melhorias avaliadas e sugeridas para o edifício em questão, em relação a Eficiência Energética. Estas potenciais melhorias foram baseadas nos resultados da avaliação pelo sistema do PROCEL-Edifica, método Prescritivo e na literatura relacionada.

6.1 CARACTERÍSTICAS POSITIVAS

Os resultados apresentados permitem algumas considerações a respeito de aspectos positivos verificados no edifício, em relação a Eficiência Energética e avaliada pelo método Prescritivo (PROCEL-Edifica).

Os aparelhos de Ar Condicionado verificados, em sua maioria, tem eficiência energética comprovada pelo PROCEL como A ou B, o que ajudou a conseguir a classificação B para o sistema da edificação como um todo. Isto demonstra a conscientização dos administradores do prédio em relação à necessidade de se reduzir o consumo de energia causado por esses equipamentos. De qualquer forma, existem ainda aparelhos de ar condicionado antigos e/ou sem classificação definida, que podem ser substituídos por equipamentos mais modernos e com avaliação A ou B no PROCEL, para ajudar na melhoria da eficiência (Cheung *et al.*, 2015). Com relação ao número de aparelhos de ar condicionado, no decorrer da pesquisa alguns usuários reclamaram de desconforto térmico e, pela avaliação do PROCEL-Edifica, há margem para aumentar a quantidade destes aparelhos, desde que sejam instalados equipamentos eficientes (A ou B), para não reduzir a classificação atual.

Outro ponto positivo encontrado foi a preocupação com a troca das lâmpadas fluorescentes por tipo Led, conforme indicado por Krarti (2015), pois trabalham com menor potência, consumindo menos energia elétrica, sem afetar o conforto visual dos ocupantes, mantendo a iluminância. Ainda que por enquanto a quantidade dessas lâmpadas seja pequena, existe um plano em andamento para troca ao longo do tempo.

Com essas medidas de economia no consumo de energia elétrica pode haver uma melhoria na avaliação do PROCEL-Edifica. Com uma redução de 10% no consumo de eletricidade, para o caso de “Prefeituras-Instituições Governamentais”, já haveria uma mudança para melhor de classificação PROCEL-Edifica, e no caso de “Tribunais” em torno de 12%. Note-se que, nos dois casos, isso só acontecerá caso esses objetivos forem alcançados e se houver atendimentos a pré-requisitos do RTQ-C (INMETRO, 2016).

A envoltória da Base do prédio tem um aspecto bastante positivo em termos de técnicas passivas de resfriamento, que é o telhado “Verde”. Esse telhado é composto de uma cobertura de terra e grama e elementos impermeabilizantes, sobre a laje, neste caso sobre o piso térreo. Esta característica faz com que, segundo Ferreira (2009) e Castleton, Stovin, Beck, e Davison (2010), haja um melhor resfriamento do prédio, filtrando a radiação solar que entraria no edifício e também no inverno colabora com o aquecimento natural. Como cobre mais de 2/3 do telhado, faz também com que o parâmetro de pré-requisito de absorvância térmica seja atendido no método do PROCEL-Edifica (INMETRO, 2016) e não haja perda de classificação do prédio.

6.2 OPORTUNIDADES DE MELHORIA

Aqui são listadas as possíveis melhorias relacionadas a Eficiência Energética no edifício, levantadas após avaliação pelo método do PROCEL-Edifica, e calculados os tempos de retorno do investimento (payback) para algumas sugestões.

6.2.1 Aproveitamento da Luz Natural – Modificação dos circuitos de Iluminação.

No trabalho de C. C. Ferreira & Souza (2009) foram analisados vários artigos acadêmicos, a maior parte internacionais e mostrou-se que a economia de energia elétrica gerada pelo aproveitamento da luz natural pode ser considerável e depende da localização geográfica do prédio, da orientação da fachada e dos tipos de tecnologia utilizadas para o controle desse aproveitamento. Citou também a falta de maior número de estudos nacionais, para efeitos de comparação.

No estudo de Didoné (2009), foi verificada a influência da luz natural na eficiência energética de edificações não residenciais na região de Florianópolis (Santa Catarina).. São feitas várias simulações utilizando programas próprios para esse fim, como o Daysim para análise da iluminação natural e o Energy Plus para verificar como esta influencia no consumo de energia. Os resultados encontrados mostraram uma variação na economia de energia entre 12% e 52%. Também é demonstrado que muitos são os fatores que podem afetar esses valores, como a orientação das fachadas, volumetria do prédio, abertura das fachadas, tipo de vidro utilizado e qual zona bioclimática é tratada.

O aproveitamento da luz natural por meio de divisão de circuitos de iluminação internos das salas é um dos pré-requisitos do RTQ-C e sugerido por Ghisi e Lamberts (1997). Esta melhoria faria o edifício obter uma melhor classificação no quesito iluminação do PROCEL-Edifica (INMETRO, 2016). Ele determina que a iluminação natural deva ser aproveitada o máximo possível. Para que isso aconteça aconselha a que, principalmente nas salas com janelas para o meio externo, as luminárias próximas às janelas permaneçam apagadas o máximo de tempo possível enquanto houver luz natural.

Além disso, considerando-se um ambiente grande, com várias luminárias e controles independentes para conjuntos de luminárias, em que trabalham várias pessoas. No caso de num determinado período haver um pequeno número de pessoas, só seriam mantidas acesas as lâmpadas próximas ao local de trabalho destas, desde que não tenham iluminação natural, permanecendo as restantes apagadas. Este recurso permite um ganho de eficiência com aproveitamento mais efetivo da iluminação natural e tem seu embasamento em estudos como o de Ghisi e Lamberts (1997).

Para isso, no caso em estudo deve haver uma alteração na divisão dos circuitos das salas em contato com o meio externo e a luz natural, praticamente todas do edifício, exceções feitas as do subsolo e algumas poucas totalmente internas. Foi feito um pequeno estudo a partir de um orçamento recebido e de uma análise simples de retorno de investimento.

Conforme orçamento estimativo da empresa MasterHouse – Manutenções e Reformas, os serviços de aproveitamento da iluminação natural por meio de divisão de iluminação dentro das salas com janelas para o meio externo, para 3 salas de exemplo, no total de 80 m²:

- Gerenciamento da mão de obra de rearranjo circuitos de iluminação = R\$ 260,00
- Mão-de-obra e materiais para o serviço = R\$ 750,00
- Total do Serviço = R\$ 1.010,00 → Equivale a um custo de R\$ 12,625 o m²
- Supondo-se uso de mão-de-obra civil, somar mais R\$ 200,00 / dia

Fazendo-se as contas para todo o edifício, os 6 andares da Torre, mais o Térreo (subsolo não possui áreas em contato com a luz externa), teríamos uma área aproximada para ser trabalhada de 2893 m², o que daria um custo de R\$ 36.524,00 mais um valor estimado de mão-de-obra civil de R\$ 8.000,00, perfazendo um total de investimento de R\$ 44.524,00.

Para se encontrar o tempo de retorno do investimento, é assumida a suposição de que uma sala do edifício sirva como um exemplo de cálculo da economia de energia a ser obtida com essa modificação nos circuitos.

Foi usada a sala do 1º Ofício Cível, no andar térreo, para esse cálculo. A figura 35 mostra o layout da sala, sem escala, onde são mostradas as luminárias utilizadas.

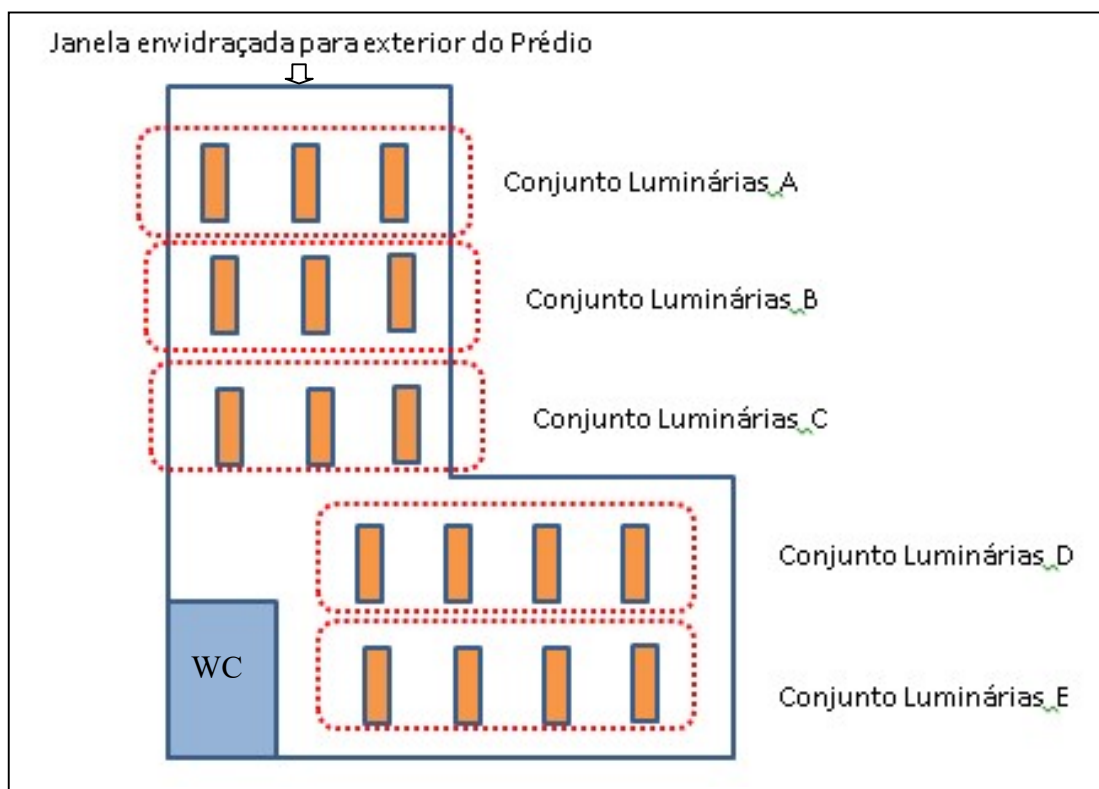


Figura 35: layout sem escala do 1º Ofício Cível. Fonte: autor baseado em plantas e informações extraídas no TJ/SP

Para a estimativa do consumo de energia, foram considerados os seguintes pressupostos:

- cada luminária é composta de 4 lâmpadas tubulares fluorescentes de 40W cada e no total de 17 luminárias (sem considerar o WC) (informação obtida no TJ/SP-Pinheiros);
- a Alternativa 1 corresponde ao circuito atual, em que um só circuito controla todas as lâmpadas. A Alternativa 2 corresponde a execução de melhoria em que cada conjunto de luminárias (A até E) tem circuito separado com acionamento liga/desliga independente.

A fachada da janela é totalmente envidraçada e é voltada para o Oeste. Portanto, é atingida pela luz solar a maior parte no período da tarde.

O horário de atendimento ao público é das 12:30 as 19 h, porém a partir das 8h uma empresa de limpeza trabalha nas salas. Portanto, na prática, as luzes permanecem acesas de 8h até 19h, de segunda a sexta-feira.

Supondo-se que a luz natural da tarde ilumine a sala durante 4h, seriam mantidos os conjuntos de luminárias A e B apagadas durante este período, portanto 24 lâmpadas ficariam

apagadas por 4 h diariamente. As outras 44 lâmpadas permaneceriam acesas durante todo o período de uso, isto é, durante 11 h (8-19h).

A economia de consumo de energia calculada com a implantação dessa divisão de circuitos de iluminação seria de 12,83% (ver cálculos em detalhes no Apêndice E).

O cálculo acima é uma simplificação na verificação da influência da iluminação natural em relação a esses estudos, como de Didoné (2009) e Ghisi e Lamberts (1997), porém foi feito para o edifício em estudo e os valores encontrados estão alinhados com a faixa de valores encontrada nos estudos citados, apesar destes estudos levarem em consideração uma série de fatores além dos aqui usados, como comportamento do sol durante o ano, períodos nublados, medições *in loco* durante um ano, etc. Não foram considerados também efeitos sobre a climatização dos ambientes.

Utilizando-se o valor calculado (12,83% economia) e sabendo-se por meio de documentos fornecidos pelos administradores do prédio, que o valor médio da conta de luz gira em torno de R\$ 11.000,00 / mês, haveria economia aproximada no TJ-Pinheiros de R\$ 16.236 ao ano. Portanto, o tempo de retorno (*payback*) do investimento, sem considerar taxas financeiras, se daria em 2,75 anos e utilizando a taxa de referência atual do governo (Selic) de 13%, teríamos um tempo de retorno descontado de 3,63 anos.

6.2.2 Sensores de Presença e Dimmerização

Outra indicação que pode ser feita em relação a eficiência energética é a utilização de sensores de presença controlando a iluminação em áreas de permanência temporária, como corredores e banheiros. As luzes só são acesas quando houver uso do espaço, otimizando o consumo. No estudo de Roisin, Bodart, Deneyer, e D’Herdt (2008) essa economia é observada, porém depende da taxa de ocupação do edifício: quanto maior for esta, menor é a economia. Outra sugestão é o aproveitamento de iluminação natural por meio de dimerização e controle por sensores. Roisin *et al.* (2008) indica que a dimmerização traz uma economia maior quando a taxa de ocupação for menor que 27% e o sensor de presença quando acima de 44%. A conjugação dos dois sistemas, segundo este mesmo estudo, dependendo da orientação da fachada pode trazer uma economia entre 45 e 61%.

6.2.3 Iluminação Natural - Luz Solar “Encanada”

Uma solução inovadora para o TJ/SP seria o uso de luz solar encanada no pavimento térreo, aproveitando o contato da cobertura do telhado verde com o meio externo, em substituição de algumas lâmpadas em ambientes de permanência temporária e trazendo uma alternativa de aproveitamento da luz natural no período diurno (Jenkins & Muneer, 2003). Esse equipamento pode vir acoplado a uma iluminação artificial para o período noturno, acionada por sensores ou manualmente.

A partir de orçamento recebido foi feita a avaliação relativa à substituição de iluminação artificial por uma tubulação especial que transporta a luz solar para a parte interna do edifício, com poucas perdas, conforme sugere o artigo de Jenkins e Muneer (2003).

Essa análise trata da substituição de 58 lâmpadas fluorescentes de 40 W em 3 corredores do Térreo por 6 dispositivos de aproveitamento da luz solar, em que seriam feitos 6 furos na laje de aproximadamente 25 cm (2 tubos para cada corredor).

Conforme orçamento da Eflux Comércio de Produtos de Iluminação Ltda, empresa especializada neste equipamento, chamado “Solatube”, os materiais e a instalação dos dispositivos ficaria em R\$ 16.140 para os 6 tubos, sendo 2 tubulações para cada um de 3 corredores do Térreo.

A furação da laje não faz parte do escopo do orçamento e foi orçada a parte, por um empreiteiro independente, em R\$ 300 cada furo a ser feito na laje, incluindo as furações em laje de 40 cm e a montagem da estrutura com os equipamentos para fazê-las, no total de R\$ 1800. Somando os dois serviços foi estimado então um gasto total de R\$ 17.940.

Por meio de um dado de conta de energia elétrica fornecida pelo TJ-Pinheiros, foi calculado que o valor por KWh gasto no prédio é aproximadamente R\$ 0,49. Seriam eliminadas 58 lâmpadas de 40 W (no período diurno). Estimando que as lâmpadas permaneçam acesas 12 h por dia no período diurno, em um mês estas lâmpadas gastariam 835,2 KWh, o que dá um gasto mensal em valor de R\$ 409,25 e anual de R\$ 4.911. O tempo de retorno (payback) simples estimado então é de 3,65 anos e o payback descontado é de 5,29 anos, considerando como taxa de desconto a taxa atual de juros de referência do governo, a Selic, de 13% .

É importante ressaltar que a furação da laje só pode ser feita após análise do prédio e autorização dada por um especialista em estruturas.

6.2.4 Substituição de Lâmpadas fluorescentes por led

Troca lâmpadas fluorescentes por tipo Led, reduzindo a potência sem afetar os níveis de iluminância, e ajudando a melhorar a eficiência energética. Uma lâmpada fluorescente tubular de 40 W pode ser substituída por uma lâmpada tubular LED de 18W, uma redução teórica de 55% no consumo. A diferença de preço entre as duas varia bastante, mas uma estimativa razoável no momento é:

Lâmpada Fluorescente 40 W: R\$ 7,50 (<http://www.yamamura.com.br/lampada-fluorescente-t10-de-40w-osram-219423.aspx/p> , acessado em 10, fevereiro, 2017).

Lâmpada LED 18W: R\$ 17,37 (Nota Fiscal TJ/SP (Siro Materiais elétricos) - 17/01/2017) .

Supondo que as lâmpadas fiquem ligadas 12 h por dia, 30 dias por mês e que o valor do KWH para o TJ/SP é R\$ 0,49, o tempo de retorno simples dessa troca pode ser estimado em proximadamente 2,55 meses ou usando a taxa Selic atual como referência (13% / ano), o tempo de retorno descontado vai a 2,60 meses, menos de três meses nos dois casos.

6.2.5 Automação dos condicionadores de ar

A utilização de automação para controle dos condicionadores de ar com a utilização de sensores e medidores, quando bem calibrados e ajustados por valores compatíveis com o conforto térmico, pode trazer uma economia de energia elétrica enquanto mantém o ambiente numa temperatura agradável para os ocupantes. Isto é demonstrado em um estudo durante os anos de 2008 e 2009 na cidade de Atenas, por meio de um sistema de automação de condicionadores de ar com sensores e medidores de consumo, onde foi constatada a sensível redução de consumo no período.(Marinakís, Doukas, Karakosta, & Psarras, 2013)

6.2.6 Absortância das paredes do Térreo

Para a Base do prédio (Térreo e Subsolo) melhorar de nível C para nível B deve haver uma preocupação em atender aos pré-requisitos de absortância térmica das paredes externas, que depende da cor da parede, pré-requisito esse que não é levado em consideração para o nível C nem para o nível D, conforme determina o RTQ-C (INMETRO, 2016).

6.2.7 Envoltória

Em relação à envoltória do edifício, algumas medidas podem ter efeito para a melhoria da classificação encontrada, baseado nos cálculos do método Prescritivo e variando os valores separadamente para Base e Torre do prédio.

6.2.7.1 *Variações da envoltória da Base verificadas pelo método Prescritivo.*

Testando alterações no Fator Solar do vidro (F.S.) não há alteração na classificação da envoltória do módulo (Nível C). Com relação à porcentagem de abertura das fachadas, constatou-se que ao se reduzir este valor para 50% (atual: Total = 66,2% ; Fachada Oeste = 66,5%) a classificação subiria para Nível B. Como essa alteração é difícil de ser executada, uma alternativa seria a inclusão de alguns dispositivos para aumentar o sombreamento vertical e horizontal da base do edifício. Cálculos foram feitos usando-se o método prescritivo e variando esses parâmetros, obtendo os valores:

AVS → Aumentado de 31° para 45 ° (Máximo permitido pelo RTQ-C) → Classificação sobe para B

AHS → Aumentado de 24,37° para 45° (Máximo permitido pelo RTQ-C) → Não há alteração na classificação, é mantido o nível C.

6.2.7.2 *Variações da envoltória da Torre.*

Testando alterações no F.S., baixando o seu valor para 0,5 há um ganho de nível D para nível C na classificação da envoltória do módulo. Subindo seu valor para 0,87 a classificação se mantém.

Com relação a porcentagem de abertura das fachadas, constatou-se que reduzindo-se este valor para 50% o PAFt e o PAFo (atual: Total = 52,132% ; Fachada Oeste = 61,54%) a classificação subiria de Nível D para Nível C. Reduzindo-se para 35% haveria ascensão para Nível B e para 20% subiria para nível A. Da mesma forma como na Base, essa alteração na Torre é difícil de ser executada, uma alternativa seria a inclusão de alguns dispositivos de sombreamento vertical e horizontal na Torre do edifício.

Os cálculos pelo método prescritivo e variando esses parâmetros, mostraram que:

Sombreamento Vertical:

AVS → Aumentado de 0° para 10° → Classificação sobe para C

AVS → Aumentado de 0° para 20° → Classificação sobe para B

AVS → Aumentado de 0° para 30° → Classificação sobe para A

Portanto, uma alternativa para melhorar a classificação de EEE em relação à envoltória da Torre seria inclusão de dispositivos para melhorar o sombreamento vertical das janelas, como brises ou outras, conforme estudado por Venâncio e Pedrini (2008).

Sombreamento Horizontal:

AHS → Aumentado de 3,88° para 10° → Não há alteração na classificação.

AHS → Aumentado de 3,88° para 15° → Classificação sobe para C.

AHS → Aumentado de 3,88° para 40° → Classificação sobe para C.

AHS → Aumentado de 3,88° para 45° → Classificação sobe para B.

Dispositivos de sombreamento horizontal poderiam ser incluídos na envoltória da Torre para gerar um AHS de 15° e melhorar sua classificação. Porém acima desse valor só há alteração efetiva no valor máximo de 45°.

6.2.8 Sugestão de Prioridades de ação

A Figura 36 faz um resumo de propostas de melhorias sugeridas, com vantagens e desvantagens.

Proposta	Efeito	Vantagens	Desvantagens	Prioridade
Substituição de lâmpadas fluorescentes por tipo LED (Ferreira, 2014)	Redução 55% no consumo. Ao longo do tempo pode melhorar a classificação PROCEL-Edifica.	Menor consumo, maior durabilidade. Pode ser feito aos poucos. Tempo de retorno do investimento baixo. Investimento baixo.	-----	0
Substituição de condicionadores de ar antigos por mais novos de melhor eficiência. (Cheung <i>et al.</i>, 2015)	Aumento do nível de eficiência energética do condicionamento de ar.	Redução de consumo. Pode haver ganho de conforto térmico para os usuários Pode ser implementado aos	Investimento a ser feito.	1

		poucos.		
Utilização de dispositivos para melhorar o Fator Solar dos vidros (Película ou Persianas)(Pereira, 2010)	Aumento da classificação no PROCEL-Edifica.	Melhorar conforto térmico e reduzir gasto com condicionamento de ar.	Investimento a ser feito (não levantado)	1
Utilização de sensores de luz nas áreas de permanência temporária (Roisin <i>et al.</i>, 2008)	Racionalização no uso	Redução no consumo de energia.	Depende do fluxo de pessoas nos locais, se for alto a vantagem é pequena.	1
Mudança nos circuitos das lâmpadas das salas de permanência prolongada para aproveitamento iluminação natural (Ghisi & Lamberts, 1997)	Atendimento a Pré-Requisito PROCEL- Edifica.	Economia de energia, racionalização de uso. Melhoria na classificação PROCEL-Edifica no quesito Iluminação.	Investimento a ser feito (Médio a Alto).	1
Uso de elementos que melhorem o sombreamento vertical da Torre e da Base, brises ou outros elementos (Venâncio & Pedrini, 2008).	Aumento da classificação no PROCEL-Edifica	Melhorar conforto térmico e reduzir consumo de condicionamento de ar.	Mudança no projeto original. Necessidade de investimento (não levantado)	2
Automação de ares condicionados (Yang & Becerik-Gerber, 2014)	Melhor controle. Estabelecer temperatura de <i>setup</i> padrão	Redução de desperdícios,	Investimento médio a alto.	2
Automação da Imuninação nos ambientes de permanência prolongada (Li, 2013)	Independência do usuário.	Redução de desperdícios, controle mais efetivo, independência do usuário ou facilitada para ele. Uso de power-off geral .	Investimento médio a alto.	2

Uso de luz solar “encanada” para o térreo. (Jenkins & Muneer, 2003)	Substitui lâmpada incandescente de 100 W	Substitui algumas lâmpadas em ambientes de permanência temporária como corredores e banheiros, ajudando na redução do consumo de energia elétrica.	No período noturno é necessário se ter uma iluminação backup. Investimento Médio. Necessária furação em laje.	2
--	--	--	---	---

Figura 36: Relação de proposta de melhoria de eficiência energética. Fonte: autor

A Figura 36 mostra um quadro que pode servir como base para os gestores avaliarem as vantagens e desvantagens em implantar as sugestões levantadas pelo estudo. Uma das questões importantes para a gestão é que a administração do edifício tem autonomia limitada para execução de melhorias. Essa autonomia limitada está relacionada a fatores técnicos, uma vez que a assistência de engenharia é realizada por uma área centralizada do TJSP, quanto porque podem existir projetos de reforma já em elaboração. Também está relacionada a fatores financeiros, dado que os investimentos também precisam ser aprovados por áreas centralizadas..

Um estudo sobre os contratos do TJ/SP, a partir da base já existente, pode servir como referência para possíveis melhorias com modificações direcionadas a eficiência energética e outros aspectos da sustentabilidade (Ferrador Filho, Aguiar, Teixeira & Cortese, 2016). Um exemplo é o contrato de terceirização de impressoras, que exige da contratada o uso do padrão “*Energy Star*” de economia de energia em todos os seus equipamentos.

6.2.9 Observações dos testes.

Com uma redução de 10% no consumo da iluminação, para o caso de “Prefeituras-Instituições Governamentais”, já haveria uma mudança de classificação na avaliação do PROCEL-Edifica e no caso de “Tribunais” em torno de 12%. Nos dois casos, não estão sendo considerados atendimentos a pré-requisitos.

Apesar de ter obtido classificação B para condicionamento de ar, a substituição de ar condicionados antigos e/ou sem classificação definida por equipamentos mais modernos e com avaliação A ou B no PROCEL, podem ajudar a melhorar a eficiência. Com relação ao

número de aparelhos de ar condicionado, pela avaliação, há margem para aumentar a quantidade destes aparelhos, desde que com equipamentos eficientes (A ou B).

Outras melhorias poderiam ser incluídas, como a utilização local de fontes alternativas de energia tipo painéis fotovoltaicos e geradores eólicos. Porém, como estas não estão nos cálculos do método a não ser nas bonificações, e implicam geralmente em altos investimentos, não foram incluídas na Figura 36 e nem tratadas no estudo.

6.3 ANÁLISE DE USO DO MÉTODO PRESCRITIVO DO PROCEL-EDIFICA

O Método Prescritivo permite a análise da EEE mesmo sem utilizar recursos sofisticados de *software* e equipamentos, a partir de levantamento de dados necessários para isso. Esses dados, uma vez obtidos, permitem a uma pessoa com pouca “*expertise*” fazer os cálculos.

A grande dificuldade encontrada na pesquisa foi obter esses dados. Devido a idade do prédio em estudo (35 anos), alguns documentos referentes à construção, como o memorial descritivo com os detalhamentos da obra, foram perdidos.

Não se conseguiu, apesar da boa vontade e colaboração demonstradas, nem com o TJ/SP, nem com a Secretaria de Justiça de São Paulo, que possui o órgão de engenharia encarregado da construção desse e de outros edifícios do TJ/SP, arquivos de plantas em formato DWG (ou DXF), usados pelo AUTOCAD, que poderiam transferir automaticamente as características construtivas do prédio para o *software* encarregado dos cálculos de eficiência (*EnergyPlus*) por meio de uma interface (*Open Studio*), economizando tempo e esforço.

As plantas foram fornecidas em formato eletrônico com a extensão PDF e sem cotas. Com isso, foram necessárias inúmeras medições em desenhos neste formato ou consulta a plantas impressas, às vezes de difícil leitura, em formato grande (A0 ou maior), nem sempre muito nítidas, que necessitaram ser fotografadas e as fotos depois consultadas, com isso se perdendo um tempo desnecessário se a documentação e aqueles arquivos estivessem disponíveis.

As Transmitâncias das paredes foram calculadas a partir de informações dos detalhes construtivos de um antigo funcionário do TJ/SP-Pinheiros encarregado da zeladoria do prédio, que conhecia a constituição das paredes, aproximação essa assumida como verdadeira, por não haver documentação disponível para comprovação e não foi permitido perfurar as paredes do edifício.

O conforto térmico dos ocupantes só é levado em conta nas áreas não condicionadas, de acordo com o método Prescritivo do PROCEL-Edifica. A área condicionada estaria 100% do tempo em conforto? Existem questões, por exemplo, de expectativas pessoais e de desconfortos pontuais (um exemplo é quem fica na saída da tubulação do ar condicionado), conforme mostra estudo de Gou, Lau, e Chen, 2012. Isso não é levado em conta nessa certificação.

Existem questões, por exemplo, de desconfortos pontuais (um exemplo é quem fica na saída da tubulação do ar condicionado), conforme mostra estudo de (Gou *et al.*, 2012). As expectativas pessoais tem a ver com a questão relativa ao controle manual dos aparelhos, em que as decisões pessoais relacionadas a sensação térmica, que nem sempre são unânimes, fiquem a cargo dos usuários. Essas questões não são levadas em conta nessa certificação.

O método do Procel-Edifica trabalha com indicadores de ativos, isto é, utiliza para a avaliação as características do prédio, independente de sua ocupação. Não é o objetivo do sistema avaliar o operacional. Não leva em conta as atitudes dos usuários com relação à economia de energia ou gasto excessivo (por exemplo ar condicionados ligados após o expediente ou nos finais de semana). Além disso, a etiqueta de Edificação Contruída não tem prazo de validade. Como saber se o prédio efetivamente será eficiente ao longo do tempo e como o gerenciamento e as atitudes dos usuários influenciarão nessa eficiência? Seriam necessárias avaliações periódicas de eficiência energética do prédio, utilizando outro sistema que trabalhe com indicadores operacionais, para permitir obter uma melhor caracterização durante seu ciclo de vida (Neumann & Jacob, 2008).

Os órgãos públicos, segundo informações levantadas por e-mail junto a Fundação Vanzolini, são os que estão procurando mais a etiquetagem para edifícios novos ou reformas de antigos, devido a obrigatoriedade da norma. Nota-se também, segundo a mesma fonte, um aumento na procura da etiquetagem voluntária para prédios particulares.

6.3.1 Considerações sobre ambientes de permanência prolongada, ventilados naturalmente.

Segundo o RTQ-C, o Equivalente Numérico de Ventilação Natural (EqNumV) deve ser simulado. Como não foi feita a simulação, o cálculo da Pontuação Total do edifício pela fórmula 2.1 (RTQ-C pag. 67) do método prescritivo, foi feito utilizando-se o $\text{EqNumV} = 0$ e foi calculado que a avaliação final recai sobre a classificação C.

Depois foram feitos os cálculos (Apêndice D) considerando o pior caso ($EqNumV = 1$) e o melhor caso ($EqNumV = 5$). Os cálculos mostraram que a classificação do edifício no pior caso se mantém na classificação C e no melhor caso há a melhoria para nível B. Então, para se conseguir subir o desempenho do prédio para B, foi feita uma Análise de Sensibilidade – o quanto influencia saber o Período em Conforto Térmico (POC), a Tabela 8 é baseada na Tabela 6.4 do RTQ-C e por meio da equação 2.1 e foram levantados os valores de $EqNumV$.

Tabela 8: Equivalentes numéricos para ventilação natural.

Percentual de Horas Ocupadas em Conforto	$EqNumV$	Classificação Final
$POC \geq 80\%$	5	A
$70\% \leq POC < 80\%$	4	B
$60\% \leq POC < 70\%$	3	C
$50\% \leq POC < 60\%$	2	D
$POC < 50\%$	1	E

Fonte: Tabela 6.4 do RTQ-C (INMETRO, 2016)

O resultado obtido é demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9: Análise de classificação do prédio em função do POC. Fonte: Autor

% do tempo em conforto	$EqNumV$	Classificação Prédio
10	1	C
20	1	C
30	1	C
40	1	C
50	1	C
60	3	C
70	3	C
80	4	B
90	5	B
100	5	B

Portanto, para se conseguir uma elevação da classificação do prédio para B, sem levar em consideração os pré-requisitos do RTQ-C, teríamos que ter uma porcentagem de horas em conforto (POC) no prédio acima de 70%.

6.3.2 Eficiência energética real de prédio etiquetado.

A maneira como o usuário se comporta pode ter efeito significativo no consumo de energia elétrica de uma edificação, mesmo o que recebeu boa classificação pelo PROCEL-Edifica, tanto na etiqueta de projeto como de edificação construída. A Eficiência Energética pode ficar comprometida com atitudes de desperdício de energia elétrica, bem como uma edificação com classificação não tão boa pode conseguir melhorar seu desempenho real se os seus ocupantes tomarem atitudes voltadas a minimizar o consumo energético (Didoné, 2009).

Para fazer uma avaliação mais adequada, além das características do prédio, avaliadas por Indicadores de Ativos como os do PROCEL-Edifica, são necessárias medições ao longo do tempo por meio de Indicadores Operacionais, que partem de medidas reais de uso de energia e as comparam com edificações da mesma natureza e características para obter o seu grau de eficiência energética (Goldstein & Eley, 2014).

Geralmente as políticas de eficiência energética procuram trabalhar com sistemas de classificação que utilizem indicadores operacionais ao invés de métodos simulados. Alguns motivos para isso podem ser indicados: custos mais baixos, maior simplicidade e facilidade de acompanhamento periódico do resultado. O lado negativo é a dependência dos resultados das práticas operacionais adotadas para operar o edifício, dificultando sua comparação com outros (Leipziger, 2013).

Existe uma tendência, segundo Mo *et al.*(2010) de se utilizar os dois métodos em conjunto e aparentemente os métodos de classificação caminham para isso. Eles permitem melhor acompanhamento de desempenho (pelos indicadores operacionais) e uma avaliação do desempenho do edifício fisicamente mais apurada (modelos simulados). Porém não é fácil conciliar as duas abordagens, como citado por Mo *et al.* (2010) a respeito do sistema chinês MOHURD. Para se fazer aproximação dos dois “ratings”, operacional e calculado (simulado) é necessário uma calibração para compartilhamento de premissas, métricas e metodologias. Alguns sistemas estão tentando fazer essa conciliação, requerendo a integração dos dois ratings, como o citado acima.

6.3.3 Proposta de planilha simplificada

Um dos resultados práticos deste trabalho era criar uma planilha simplificada para os administradores prediais do TJ/SP poderem replicar essa metodologia para outros edifícios da

instituição, mesmo não sendo especialistas na área. Para as categorias Iluminação e Condicionamento de Ar esta planilha está sendo feita e a parte da Envoltória, está em análise para saber se é possível atender a maioria dos casos de uma forma amigável ao usuário leigo. A necessidade da separação de blocos e a maior complexidade técnica para implantar as modificações na Envoltória tornam esse o tema mais difícil de ser reproduzido sem conhecimento técnico, no método prescritivo do PROCEL-Edifica.

Existe uma ferramenta online de cálculo, chamada WebPrescritivo. A planilha em desenvolvimento pretende ser um complemento a essa ferramenta, trabalhando com dados mais básicos, que gerem valores para serem trabalhados em conjunto com esta.

O WebPrescritivo é disponibilizado no sítio do Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina : <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. Permite uma avaliação rápida da Eficiência Energética de um edifício, usando o método prescritivo do PROCEL-Edifica, sem precisar fazer cálculos. É necessário preencher os parâmetros e ele gera o resultado a partir da equação determinada a partir dos parâmetros propostos.

Essa ferramenta permite fazer alterações de parâmetros e obter resultados de classificação praticamente instantaneamente, colaborando com o avaliador no sentido de planejar ações de melhoria de eficiência energética e verificar a sua influência na classificação energética.

Porém, apesar da facilidade de uso, os dados do edifício já devem ter sido previamente coletados e/ou calculados, o que nem sempre é simples de se obter. Por exemplo, a verificação e medição das áreas condicionadas e não condicionadas de um edifício de vários andares e ambientes não é automatizada.

Uma desvantagem do WebPrescritivo até o momento é que não leva em consideração na avaliação da envoltória, o caso de existirem dois ou mais blocos diferentes a serem analisados, conforme orientação do RTQ-C. Talvez em uma próxima versão isso venha a ser incluído.

7 CONCLUSÕES

O estudo mostrou que a eficiência do condicionamento de ar da edificação está dentro da classificação B do PROCEL-Edifica e a iluminação conseguiu a classificação C.

A envoltória envolveu dois blocos distintos: a Torre e a Base dos prédios, sendo que a torre obteve classificação D e a base classificação C. Na média ponderada dos blocos o índice obtido foi o D.

O Prédio obteve pela ponderação das três características conforme a equação 2.1 do PROCEL-Edifica (INMETRO, 2016) a **Etiqueta Geral C**. Com isso, o objetivo de verificar a condição atual do prédio foi atendido.

O estudo mostrou que algumas medidas positivas foram tomadas no TJ/SP-Pinheiros e ajudaram na classificação do prédio em relação ao consumo energético, como o telhado “verde” na cobertura do térreo e os aparelhos de ar condicionado com bom coeficiente de desempenho pelo PROCEL. Uma atitude a ser citada, apesar de ainda não ter influenciado os cálculos do método, é o comprometimento em trocar lâmpadas fluorescentes por tipo LED, já iniciado, ajudando a reduzir o consumo de energia elétrica da iluminação, um quesito analisado na metodologia do PROCEL-Edifica.

Por meio do sistema PROCEL-Edifica / PBE-Edifica, foram identificadas e sugeridas algumas medidas para a melhoria da eficiência energética, como continuidade da substituição das lâmpadas por modelos mais eficientes, alteração nos circuitos de iluminação, substituição de ares condicionados antigos por modelos mais eficientes, inclusão de elementos de sombreamento na torre e uso de películas polarizadas nos vidros. Com isso o objetivo específico de identificar oportunidades de melhorias tecnológicas e de materiais foi atendido, e foram levantados os custos para algumas medidas e os benefícios esperados. Desse modo, abre-se caminho para os gestores buscarem melhorias relacionadas a Eficiência Energética no TJ/SP-Pinheiros e no TJ/SP em geral, contribuindo para a implantação de objetivo estabelecido no Plano de Logística Sustentável.

O sistema do PROCEL-Edifica foi discutido em detalhes no Referencial Teórico da pesquisa e suas virtudes, como facilidade de uso do método prescritivo, boa base para análise dos dados coletados, entre outras, e possíveis lacunas, como dificuldades na coleta dos dados, aproximações necessárias, tratados na parte 5, Discussão e neste tópico.

7.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A falta de melhores informações sobre os materiais construtivos do prédio obrigou a se fazer aproximações que, apesar de geradas a partir de fontes confiáveis, podem ter introduzido alguma margem de erro nos resultados.

O sistema PROCEL-Edifica trabalha com dois métodos, o Prescritivo e o Simulado. Por falta de tempo hábil para trabalhar com os dois métodos, por questões institucionais, optou-se pelo primeiro método, devido ao menor tempo de aprendizado e a maior facilidade de reprodução, pensando na continuidade do projeto no TJ/SP, que poderá aproveitar dessa metodologia para replicação em outros prédios da instituição. Além disso, o estudo pretendeu servir de base para o Plano de Logística Sustentável do TJ/SP.

Na pesquisa e no método do PBE-Edifica não se considera diretamente o conforto térmico dos usuários a não ser nas áreas de permanência prolongada sem condicionamento artificial, o que é uma lacuna, pois nem sempre nos ambientes climatizados o conforto é atingido.

Os orçamentos estimativos foram obtidos junto a um único fornecedor para cada projeto, ou seja, na prática pode haver variação de valores por conta da (im)precisão da estimativa, ou por conta da concorrência de licitações. Esses aspectos não são tratados no estudo.

Os custos dos investimentos foram avaliados parcialmente devido a falta de dados, e o tempo de retorno destas avaliações estão sujeitos a concorrer com outras necessidades de investimentos do TJ/SP, que não foram consideradas por essas informações não estarem disponíveis.

Sendo um estudo de caso, não é possível se fazer uma generalização dos resultados obtidos nem das conclusões, para isso é necessário se aplicar o método em outros edifícios da instituição e fora dela.

7.2 CONTRIBUIÇÕES PARA A TEORIA

Identificou-se uma limitação do modelo PROCEL-Edifica em particular, de que não é levada em conta a satisfação do usuário nas áreas climatizadas, e que isso é poucas vezes discutido na literatura. Esse ponto merece maior atenção em pesquisas futuras

Outro aspecto a ser ponderado em futuras pesquisas poderia ser a hipótese de que um sistema "misto" de certificação, que leve em conta projeto e operação, com indicadores correspondentes, pudesse fazer uma avaliação mais completa e com maior informação para os usuários e administradores dos edifícios.

7.3 CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA:

Este estudo não pretendeu ser totalmente novo, mas procurou introduzir no seu desenvolvimento possíveis críticas construtivas tanto relacionadas à coleta e análise de dados, como ao método do PROCEL-Edifica em si, no sentido de colaborar no aprimoramento da metodologia.

Com relação ao método ele falha ao não levar mais em consideração o ponto de vista do ocupante, o modelo simplifica a questão do conforto térmico usando valores padrões. Talvez houvesse necessidade de se usar padrões mais adaptados a realidade brasileira. Outra lacuna diz respeito a falta de dados disponíveis para edifícios antigos e é uma questão difícil de ser contornada, algumas aproximações e simplificações tornam-se necessárias. Outra desvantagem a ser citada no método é não levar em consideração as atitudes dos usuários em relação ao consumo de energia, o que não é possível com indicadores de ativos e etiqueta de edificação construída sem prazo de validade, que só avaliam a condição do prédio em si em um determinado momento.

Utilizando-se a metodologia do PROCEL-Edifica não se conhece o comportamento do consumo pós-etiquetagem. Talvez uma solução para melhor avaliação da eficiência energética do prédio fosse utilizar um método misto, com dois tipos de indicadores e análises periódicas, conforme sugestão de Mo *et al.* (2010), que cita como exemplo o selo chinês MOHURD, em que é feita uma etiquetagem baseada nas características do prédio e após cinco anos é feita uma avaliação por indicadores operacionais, que será repetida no mesmo período e assim sucessivamente.

Do ponto de vista do TJ-Pinheiros, a pesquisa gerou uma sequência de ações descritas no texto que podem servir de base para os administradores dos prédios do TJ/SP avaliarem seus ativos e buscarem novas melhorias de eficiência energética. Os cálculos aqui demonstrados procuraram ser bastante descritivos e buscaram a possibilidade de replicação mesmo por pessoal não especializado, principalmente em relação a avaliação de iluminação e

condicionamento de ar. A avaliação e aplicação de melhorias na envoltória tem uma maior complexidade e talvez necessitem de ajuda de técnicos especializados ou consultores.

Para o TJ/SP, espera-se contribuir no desenvolvimento de ações para o Plano de Logística Sustentável (PLS) nos seus objetivos e metas, como utilizar insumos e materiais de forma eficiente, ser eficiente na gestão da energia elétrica, melhorar a qualidade de vida no ambiente de trabalho e capacitar os agentes públicos em sustentabilidade.

Um dos resultados práticos esperados deste trabalho era o desenvolvimento de ferramenta simplificada para o TJ/SP, uma planilha para os administradores prediais do TJ/SP poderem replicar a metodologia para outros edifícios da instituição. Uma parte desta foi feita, para as questões de Condicionamento de Ar e Iluminação. A Envoltória, por possuir uma maior diversidade de opções e complexidade, está em análise para saber se é viável incluí-la nessa ferramenta.

Para a gestão energética de edificações espera-se ter dado uma contribuição com um exemplo de uso do método de avaliação e análise aplicado.

7.4 SUGESTÃO DE NOVAS PESQUISAS

É interessante e se sugere fazer pesquisas longitudinais, com a utilização de indicadores operacionais, para verificar se a edificação vêm atendendo as classificações obtidas e avaliar possíveis melhorias introduzidas.

Outra sugestão é repetir a pesquisa utilizando o método de Simulação do PROCEL-Edifica para obter resultados mais detalhados de comportamento térmico do edifício e possíveis melhorias, devido a que, em teoria este sistema apresenta resultados mais completos. Também é um modo de se comparar os dois métodos definidos no PROCEL-Edifica.

Outra sugestão é realizar estudos de conforto ambiental em todos os ambientes do prédio, para avaliar a relação entre a certificação obtida e a real satisfação dos ocupantes do edifício em relação às condições do ambiente de trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). NBR-15220-3. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). Projeto de Norma 02-135: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT.
- Agarwal, Y., Balaji, B., Gupta, R., Lyles, J., Wei, M., & Weng, T. (2010). Occupancy-driven energy management for smart building automation. In *Proceedings of the 2nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building* (p. 1–6). ACM. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1878433>.
- Aguiar, A.O., Kniess, C. T., Ramoa, H. R., & Gallardo, A. L. C. F.(2017). Gerenciamento da demanda de energia em cidades. In: Tatiana Tucunduva Philippi Cortese; Claudia Terezinha Kniess; Emerson Antonio Maccari. (Org.). Cidades inteligentes e sustentáveis. 1ed. Barueri: Manole, v., p. 83-98.
- Almaiya, S., & Elkadi, H. (2007). The role of daylight in preserving identities in heritage context. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1544–1557. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.11.004>
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa 482, de 17 de Abril de 2012 - Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>.
- ARCOweb. (2005). Vidros: Produtos asseguram conforto aos ambientes - ARCOweb. Recuperado 16 de junho de 2016, de <https://arcoweb.com.br/finestra/tecnologia/vidros-para-arquitetura-01-05-2005>
- Arundel, A., & Kemp, R. (2009). Measuring eco-innovation. [UNU-MERIT Working Papers ISSN 1871-9872] Recuperado de <http://collections.unu.edu/view/UNU:324>
- Ashford, N. A., & Zwetsloot, G. (2000). An Innovation-Based Strategy for a Sustainable Environment. *Journal of Hazardous Materials*, 78(1), 123–144.
- ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (2004). *Standard 140-2004: standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs*. Atlanta.

- Azens, A., & Granqvist, C. (2003). Electrochromic smart windows: energy efficiency and device aspects. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 7(2), 64–68. <https://doi.org/10.1007/s10008-002-0313-4>
- Backhaus, J., Tigchelaar, M., & de Best-Walldorfer, M. (2011). Key findings & policy recommendations to improve effectiveness of Energy Performance Certificates & the Energy Performance of Buildings Directive. Recuperado 15 de junho de 2016, de <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/o11083.pdf>
- Baldi, S., Michailidis, I., Ravanis, C., & Kosmatopoulos, E. B. (2015). Model-based and model-free “plug-and-play” building energy efficient control. *Applied Energy*, 154, 829–841. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.081>
- Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G. de, Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. de. (2010). Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições/Innovation and sustainability: new models and propositions/Innovación y sostenibilidad: nuevos modelos y proposiciones. *Revista de Administração de Empresas*, 50(2), 146.
- Biderman, R., Macedo, L. S. V. de, Monzoni, M., & Mazon, R. (2006). Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável. Recuperado de <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15417>
- Borges, A. V., & Moraes, A. F. de. (2013). Edifícios Públicos: Caminhos para a Concepção de Projetos Sustentáveis. Projotar, Salvador. Recuperado de <http://projodata.grupoprojetar.ufrn.br/dspace/handle/123456789/1837>
- Brasil. (2014). Instrução Normativa N° 2, de 4 de Junho de 2014. Recuperado 16 de junho de 2016, de <http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>
- Brasil. (2016). *Balanço Energético Nacional 2016 - ano base 2015*. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Ministério de Minas e Energia – MME. Rio de Janeiro: EPE.
- Brown, B. J., Hanson, M. E., Liverman, D. M., & Merideth, R. W. (1987). Global sustainability: Toward definition. *Environmental Management*, 11(6), 713–719. <https://doi.org/10.1007/BF01867238>
- Brundtland, G., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., Chidzero, B., Fadika, L., ... others. (1987). Our Common Future (‘Brundtland report’).

- Carlo, J. C. (2008). *Desenvolvimento de metodologia de avaliação da eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais* (Tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Santa Catarina, SC, Brasil.
- Carlo, J. C., & Lamberts, R. (2010a). Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação. *Ambiente Construído*, 10(2), 27–40.
- Carlo, J. C., & Lamberts, R. (2010b). Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios–parte 1: método prescritivo. *Ambiente Construído*, 10(2), 7–26.
- Carvalho, N. C. de, Guimarães, M. G., & Castillo, L. A. G. (2015). Desenvolvimento de alternativas sustentáveis para habitação de baixa renda. *Estudos em Design*, 18(2). Recuperado de <https://eed.emnuvens.com.br/design/article/view/51>
- Castleton, H. F., Stovin, V., Beck, S. B. M., & Davison, J. B. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings*, 42(10), 1582–1591. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.004>
- CEN. (2008). Energy performance of buildings—overall energy use and definition of energy ratings. EN 15603:2008. Inglaterra: BSI. European Committee for Standardization.
- Chen, C., Cook, D. J., & Crandall, A. S. (2013). The user side of sustainability: Modeling behavior and energy usage in the home. *Pervasive and Mobile Computing*, 9(1), 161–175. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2012.10.004>
- Chen, Y., Jiang, P., Dong, W., & Huang, B. (2015). Analysis on the carbon trading approach in promoting sustainable buildings in China. *Renewable Energy*, 84, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.062>
- Cheung, C. T., Mui, K. W., & Wong, L. T. (2015). A hybrid simulation approach to predict cooling energy demand for public housing in Hong Kong. *Building Simulation*, 8(6), 603–611. <https://doi.org/10.1007/s12273-015-0233-8>
- Chwieduk, D. (2003). Towards sustainable-energy buildings. *Applied Energy*, 76(1–3), 211–217. [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(03\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(03)00059-X)
- Claro, P. B. de O., Claro, D. P., & Amâncio, R. (2008). Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, 43(4). Recuperado de http://www.rausp.usp.br/busca/artigo.asp?num_artigo=1354

- CNJ. (2015, março). Resolução n201-03-03-2015-presidência. Recuperado de http://www.cnj.jus.br/files/atos_administrativos/resoluo-n201-03-03-2015-presidencia.pdf
- Cohen, R., Bordass, B., & Field, J. (2007). Implementation of EPBD Article 7.3 in Germany and the UK: Comparison of Methodologies and Procedures. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.611.5892&rep=rep1&type=pdf>
- Construindo um Futuro Sustentavel | Noticia - Selos LEED e Procel anunciam novos critérios de equivalência. (2015, março 6). Recuperado 16 de setembro de 2016, de <http://www.gbcbrasil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=104>
- COP21. (2015, novembro 3). Recuperado de <https://nacoesunidas.org/cop21/>
- Corrêa, L. R. (2009). Sustentabilidade na construção civil. *Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil)-Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais*.
- Côrtes, R., França, S., Quelhas, O., Moreira, M., & Meirino, M. (2011). Contribuições para a Sustentabilidade na Construção Civil. *Sistemas & Gestão*, 6(3), 384–397. <https://doi.org/10.7177/sg.2011.v6.n3.a10>
- Courtney, R. (1999). CIB Agenda 21 and the building research community. *Building Research & Information*, 27(6), 373–377. <https://doi.org/10.1080/096132199369200>
- Degani, C. M., & Cardoso, F. F. (2002, outubro). A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico. NUTAU-2002 - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. São Paulo, Brasil.
- Didoné, E. L. (2009). *A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Santa Catarina, SC, Brasil.
- Dutton, W. H. (2014). Putting things to work: social and policy challenges for the Internet of things. *Info*, 16(3), 1–21. <https://doi.org/10.1108/info-09-2013-0047>
- Elkington, J. (1994). Towards the Sustainable Corporation: Win-Win-Win Business Strategies for Sustainable Development. *California Management Review*, 36(2), 90–100. <https://doi.org/10.2307/41165746>
- Faber, N., Jorna, R., & Van Engelen, J. (2005). The sustainability of “sustainability” — a study into the conceptual foundations of the notion of “sustainability”. *Journal of*

- Environmental Assessment Policy and Management*, 7(1), 1–33.
<https://doi.org/10.1142/S1464333205001955>
- Farias, A. S. D. de, Medeiros, H. R. D., & Cândido, G. A. (2015). Contribuições de eco-inovações para a gestão ambiental de atividades produtivas em um empreendimento da construção civil. *Revista de Administração da UFSM*, 9(1), 102.
<https://doi.org/10.5902/1983465911319>
- Feng, H., & Hewage, K. (2014). Energy saving performance of green vegetation on LEED certified buildings. *Energy and Buildings*, 75, 281–289.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.10.039>
- Fernandes, L. O., & Labaki, L. C. (2012). The Influence of the Shading of Surroundings on the Brazilian Labeling of Building Energy Efficiency. PLEA2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture. Lima, Peru.
- Fernández, M. R., García, A. C., Alonso, I. G., & Casanova, E. Z. (2016). Using the Big Data generated by the Smart Home to improve energy efficiency management. *Energy Efficiency*, 9(1), 249–260. <https://doi.org/10.1007/s12053-015-9361-3>
- Ferrador Filho, A. L., Aguiar, A. de O. e, Teixeira, R., & Cortese, T. (2016). Gestão ambiental em órgãos públicos: A contribuição do gerenciamento de contratos num órgão judiciário. In: *V SINGEP - Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade*.
- Ferreira, C. C., & Souza, R. V. (2009). Investigação sobre o potencial de economia de energia da iluminação natural. In *X Encontro Nacional e VII Encontro Latino Americano de conforto no ambiente construído* (Vol. 10). Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Roberta_Souza3/publication/270282373_INVESTIGAO_SOBRE_O_POTENCIAL_DE_ECONOMIA_DE_ENERGIA_DA_ILUMINAO_NATURAL/links/54a68ec20cf256bf8bb682ea.pdf
- Ferreira, J. Z. (2014). *Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.
- Ferreira, M. A. M. A. (2009). *A eficiência energética na reabilitação de edifícios* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Portugal - FCT-UNL. Recuperado de <http://run.unl.pt/handle/10362/2296>

- Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L. G., & Principi, P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, 45(8), 1890–1904. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.001>
- Gaziulusoy, A. I., Ryan, C., McGrail, S., Chandler, P., & Twomey, P. (2015). Identifying and addressing challenges faced by transdisciplinary research teams in climate change research. *Journal of Cleaner Production*, 123, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.049>
- Ghisi, E., & Lamberts, R. (1997). Avaliação das Condições de Iluminação Natural nas Salas de Aula da Universidade Federal de Santa Catarina. Recuperado de http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20Natural/Pesquisa/avaliaca_das_condicoes_de_iluminacao_natural_em_salas_de_aula.pdf
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). *Energy efficiency economics and policy*. National Bureau of Economic Research. Recuperado de <http://www.nber.org/papers/w15031>
- Goldstein, D. B., & Eley, C. (2014a). A classification of building energy performance indices. *Energy Efficiency*, 7(2), 353–375. <https://doi.org/10.1007/s12053-013-9248-0>
- Gomes, M. G., Santos, A. J., & Rodrigues, A. M. (2014). Solar and visible optical properties of glazing systems with venetian blinds: Numerical, experimental and blind control study. *Building and Environment*, 71, 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.09.003>
- Gou, Z., Lau, S. S.-Y., & Chen, F. (2012). Subjective and Objective Evaluation of the Thermal Environment in a Three-Star Green Office Building in China. *Indoor and Built Environment*, 21(3), 412–422. <https://doi.org/10.1177/1420326X11419311>
- Grünberg, P. R. M., Medeiros, M. H. F. de, & Tavares, S. F. (2014). Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. *Ambiente & Sociedade*, 17(2), 195–214.
- Hartkopf, V., & Loftness, V. (1999). Global relevance of total building performance. *Automation in construction*, 8(4), 377–393.
- Harvey, L. D. D. (2009). Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*, 2(2), 139–163. <https://doi.org/10.1007/s12053-009-9041-2>
- Hong, T., Chou, S., & Bong, T. (2000). Building simulation: an overview of developments and information sources. *Building and environment*, 35(4), 347–361.

- Hong, T., Ji, C., Jang, M., & Park, H. (2014). Assessment Model for Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions during Building Construction. *Journal of Management in Engineering*, 30(2), 226–235. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000199](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000199)
- Huberman, N., & Pearlmutter, D. (2008). A life-cycle energy analysis of building materials in the Negev desert. *Energy and Buildings*, 40(5), 837–848. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.06.002>
- IBGE. (2011). Pesquisa de Inovação - PINTEC 2011.
- INMETRO. (2013). Anexo geral V da Portaria INMETRO 50/2013. Recuperado de http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/anexos_rac/AnexoV.pdf
- INMETRO. (2016, junho). Manual RTQ-C - Versão 4.
- IPCC. (2011). IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation. Recuperado de <http://www.uncclearn.org/sites/default/files/inventory/ipcc15.pdf>
- Issa, M. H., Rankin, J. H., & Christian, A. J. (2010). Canadian practitioners' perception of research work investigating the cost premiums, long-term costs and health and productivity benefits of green buildings. *Building and Environment*, 45(7), 1698–1711. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.01.020>
- Jenkins, D., & Muneer, T. (2003). Modelling light-pipe performances—a natural daylighting solution. *Building and Environment*, 38(7), 965–972. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1323\(03\)00061-1](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0360-1323(03)00061-1)
- Juan, Y.-K., Gao, P., & Wang, J. (2010). A hybrid decision support system for sustainable office building renovation and energy performance improvement. *Energy and Buildings*, 42(3), 290–297. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.09.006>
- Kassem, M. A., Kaseb, S., & El-Refaie, M. F. (1998). Solar heat gain through vertical cylindrical glass. *Building and environment*, 34(3), 253–262.
- Klemes, J., & Friedler, F. (2008). PRES 2006—Energy resources and management: Heat integration, heat pumps, emissions and waste to energy. *Energy*, 33(6), 837–841. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.02.016>
- Komurlu, R., Arditi, D., & Gurgun, A. P. (2014). Applicability of LEED's energy and atmosphere category in three developing countries. *Energy and Buildings*, 84, 690–697. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.095>

- Krarti, M. (2015). Evaluation of large scale building energy efficiency retrofit program in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1069–1080. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.063>
- Kumbaroğlu, G., & Madlener, R. (2012). Evaluation of economically optimal retrofit investment options for energy savings in buildings. *Energy and Buildings*, 49, 327–334. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.022>
- Laefer, D. F., & Manke, J. P. (2008). Building reuse assessment for sustainable urban reconstruction. *Journal of construction engineering and management*, 134(3), 217–227.
- Lamberts, R., Ghisi, E., Abreu, A. L. P. de, & Carlo, J. C. (2005). Desempenho térmico de edificações. Curso: ECV 5161. LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, UFSC *Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC*. Recuperado de <http://www.ceap.br/material/MAT25022013164631.pdf>
- Laustsen, J. (2008). Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. *International Energy Agency (IEA)*, 477–488.
- Lautenschlager, L., Sschronardie, E. F., & Freitas, N. P. de. (2015). A inclusão da cláusula verde nas licitações e contratações públicas: a observância aos preceitos constitucionais de proteção ambiental. *Revista Direito Ambiental e sociedade*, 4(2). Recuperado de <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/viewArticle/2533>
- Leipziger, D. (2013). Comparing Building Energy Performance Measurement. Washington, DC: Institute for Market Transformation. Recuperado 7 de junho de 2016, de <http://www.imt.org/uploads/resources/files/ComparingBuildingEnergyPerformanceMeasurementFINAL.pdf>
- Li, D. H. W., & Lam, J. C. (2000). Measurements of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting implications. *Renewable energy*, 20(4), 389–404.
- Li, R. Y. M. (2013). The usage of automation system in smart home to provide a sustainable indoor environment: a content analysis in Web 1.0. *Li, Rita Yi Man (2013), The Usage of Automation System in Smart Home to Provide a Sustainable Indoor environment: A Content Analysis in Web, 1*, 47–60.
- Liu, S., Shukla, A., & Zhang, Y. (2014). Investigations on the integration and acceptability of GSHP in the UK dwellings. *Building and Environment*, 82, 442–449. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.09.020>

- Lowe, R. (2000). Defining and meeting the carbon constraints of the 21st century. *Building Research & Information*, 28(3), 159–175. <https://doi.org/10.1080/096132100368939>
- Lyin, S., Hong, Y., & Griffith, A. (2006). Improving environmental performance by means of empowerment of contractors. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 17(3), 242–257. <https://doi.org/10.1108/14777830610658674>
- Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., & Ledo, L. (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and Buildings*, 55, 889–902. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.018>
- Madlener, R., & Sunak, Y. (2011). Impacts of urbanization on urban structures and energy demand: What can we learn for urban energy planning and urbanization management? *Sustainable Cities and Society*, 1(1), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2010.08.006>
- Maluf, R. H. ([s.d.]). Apostila_ST524 - Materiais de Construção Civil III. Unicamp. Recuperado de www.ft.unicamp.br/~renatom/pub/Apostila_ST524.doc
- Marinakis, V., Doukas, H., Karakosta, C., & Psarras, J. (2013). An integrated system for buildings' energy-efficient automation: Application in the tertiary sector. *Applied Energy*, 101, 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.032>
- Martens, M. L., Kniess, C. T., Martens, C. D. P., & Carvalho, M. M. (2016). Um estudo de inovação sustentável em projeto de desenvolvimento de produtos. *Exacta*, 14(3). <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n3.6486>
- McCormick, K., Neij, L., Mont, O., Ryan, C., Rodhe, H., & Orsato, R. (2016). Advancing sustainable solutions: an interdisciplinary and collaborative research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 123, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.038>
- Melo, G. M., & Rodrigues Júnior, W. (1998). Determinantes do investimento privado no Brasil: 1970-1995. Recuperado de <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2481>
- Memon, S. A. (2014a). Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 870–906. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.042>
- Memon, S. A. (2014b). Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 870–906. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.042>
- Menkes, M. (2004). Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade. *Brasília: UnB*. Recuperado de

- http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/efici%Eancia%20energ%E9tica/Pequisa/eficiencia_energetica_politicas_publicas_e_sustentabilidade.pdf
- Merino, S., Martínez, J., & Guzmán, F. (2015). Metadomotic optimization using genetic algorithms. *Applied Mathematics and Computation*, 267, 170–178. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.04.029>
- Metz, B., & IPCC (Orgs.). (2007). *Climate change 2007: mitigation of climate change: contribution of Working Group III to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Mickaityte, A., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Tupenaite, L. (2008). The concept model of sustainable buildings refurbishment. *International Journal of Strategic Property Management*, 12(1), 53–68. <https://doi.org/10.3846/1648-715X.2008.12.53-68>
- Mo, K., Burt, L., Hao, B., Chen, J., Burr, A., & Kemkar, S. (2010). Comparative Analysis of U.S. and China Building Energy Rating and Labeling Systems (2010 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings).
- Moran, F., Blight, T., Natarajan, S., & Shea, A. (2014). The use of Passive House Planning Package to reduce energy use and CO2 emissions in historic dwellings. *Energy and Buildings*, 75, 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.043>
- Morris, P. (2007). What does green really cost. *PREA quarterly*, (Summer), 55–60.
- Mortensen, P. S., Bloch, C. W., & Core group on the revision. (2005). *Oslo Manual - Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd edition: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD.
- Motta, S. F., & Aguilar, M. T. P. (2009). Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 4(1), 88–123.
- Müller, L., & Berker, T. (2013). Passive House at the crossroads: The past and the present of a voluntary standard that managed to bridge the energy efficiency gap. *Energy Policy*, 60, 586–593. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.057>
- Munck, L., & Souza, R. B. de. (2011). O ecletismo do paradigma da sustentabilidade: construção e análise a partir dos estudos organizacionais DOI:10.5007/2175-8077.2011v13n29p202. *Revista de Ciências da Administração*, 13(29). <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2011v13n29p202>

- Neumann, C., & Jacob, D. (2008). Guidelines for the evaluation of building performance. *Building EQ, Project Report*. Recuperado de http://buildingeq.org/fileadmin/user_upload/Results/report_wp3_080229_final.pdf
- Ngowi, A. B. (2001). Creating competitive advantage by using environment-friendly building processes. *Building and Environment*, 36(3), 291–298.
- O que é a etiqueta PBE Edifica? | PBE EDIFICA. ([s.d.]-a). Recuperado 3 de junho de 2016, de <http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>
- Ordenes, M., Pedrini, A., Ghisi, E., & Lamberts, R. (2003). Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no visualdoe-3.1. *UFSC. Florianópolis, Setembro de*. Recuperado de http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Biblioteca_Materiais_VisualDOE.pdf
- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 23(1), 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012>
- Ortiz-Rodríguez, Ó., Castells, F., & Sonnemann, G. (2012). Environmental Impact of the Construction and Use of a House: Assessment of Building Materials and Electricity End-Uses in a Residential Area of the Province of Norte de Santander, Colombia. *Ingeniería y Universidad*, 16(1), 147–161.
- Peng, C., Wang, L., & Zhang, X. (2014). DeST-based dynamic simulation and energy efficiency retrofit analysis of commercial buildings in the hot summer/cold winter zone of China: A case in Nanjing. *Energy and Buildings*, 78, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.04.023>
- Pereira, F. (2010). *Determinação do Fator Solar em vidros e elementos de sombreamento para janelas* (Relatório de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq – BIP/UFSC 2009/2010). Florianópolis, SC, Brasil.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., González, R., & Maestre, I. R. (2009). A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings*, 41(3), 272–278. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.10.004>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394–398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>

- Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard business review*, 73(5), 120–134.
- Porter, M., & Stern, S. (1999). *The new challenge to America's prosperity: findings from the Innovation index*. USA: ISBN 1-889866-21-0.
- Praznik, M., Butala, V., & Senegačnik, M. Z. (2014). A simple method for evaluating the sustainable design of energy efficient family houses. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 60(6), 425–436.
- PROCEL. (2009). Manual para Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C.
- PROCEL. (2015). Manual para Aplicação do RTQ-C Vol. 4.1 - versão 3. Recuperado 10 de junho de 2016, de http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual-rtqc_V4.pdf
- PROCEL, & Eletrobrás. (2016). Resultados PROCEL 2016 - Ano Base 2015. Recuperado de http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2016/docs/rel_procel2016_web.pdf
- Protolab. ([s.d.]). Protolab - Tabela de Condutividade Térmica de Materiais de Construção. Recuperado 5 de fevereiro de 2017, de <http://www.protolab.com.br/Tabela-Conductividade-Material-Construcao.htm>
- Puerto, H. B. (1999). *Design industrial e inovação tecnológica: coletânea de idéias para construir um discurso*. IEL/Programa Bahia Design.
- Pugliero, V. S., & Pimentel, L. L. (2010). Energia como parâmetro de sustentabilidade na construção civil. *Anais do XV Encontro de Iniciação Científica da PUC-Campinas - 26 e 27 de outubro de 2010 ISSN 1982-0178*. Recuperado de http://www.puc-campinas.edu.br/websist/portal/pesquisa/ic/pic2010/resumos/2010924_103037_502012254_resiaL.pdf
- Roisin, B., Bodart, M., Deneyer, A., & D'Herdt, P. (2008). Lighting energy savings in offices using different control systems and their real consumption. *Energy and Buildings*, 40(4), 514–523. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.04.006>
- Romero, M. de A., & Reis, L. B. dos. (2012). *Eficiência energética em edifícios*. São Paulo: Editora Manole.
- RREEF Real Estate. (2012). *Research_Sustainability_Metrics_in_the_Real_Estate_Sector-Oct_2012.pdf*. Recuperado de http://realestate.deutscheam.com/content/_media/Research_Sustainability_Metrics_in_the_Real_Estate_Sector-Oct_2012.pdf

- Sadineni, S. B., Madala, S., & Boehm, R. F. (2011). Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(8), 3617–3631. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.014>
- Saman, W. Y. (2013). Towards zero energy homes down under. *Renewable Energy*, 49, 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.029>
- Santo, H. M. I. do E. (2010). *Procedimentos para uma certificação da construção sustentável* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Portugal. Recuperado de <http://run.unl.pt/handle/10362/4045>
- Sartori, I., & Hestnes, A. G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings*, 39(3), 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>
- Scalco, V. A., Fossati, M., de Souza Versage, R., Sorgato, M. J., Lamberts, R., & Morishita, C. (2012). Innovations in the Brazilian regulations for energy efficiency of residential buildings. *Architectural Science Review*, 55(1), 71–81. <https://doi.org/10.1080/00038628.2011.641731>
- Schnieders, J., & Hermelink, A. (2006). CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building. *Energy Policy*, 34(2), 151–171. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.049>
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge Massachusetts: Harvard University Press.
- Sedláková, A., Vilčeková, S., & Burdová, Eva Krídlová. (2015). Analysis of material solutions for design of construction details of foundation, wall and floor for energy and environmental impacts. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(5), 1323–1332. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-0956-3>
- Selo Procel Edificações. ([s.d.]). Recuperado 6 de fevereiro de 2017, de <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>
- Sharma, S. D., & Sagara, K. (2005). Latent Heat Storage Materials and Systems: A Review. *International Journal of Green Energy*, 2(1), 1–56. <https://doi.org/10.1081/GE-200051299>
- Shipley, R., Utz, S., & Parsons, M. (2006). Does Adaptive Reuse Pay? A Study of the Business of Building Renovation in Ontario, Canada. *International Journal of Heritage Studies*, 12(6), 505–520. <https://doi.org/10.1080/13527250600940181>

- Siew, R. Y. J. (2015). Alternative framework for assessing sustainable building funds: Green Building Fund. *Building Research & Information*, 43(2), 160–169. <https://doi.org/10.1080/09613218.2014.936170>
- Teixeira, M. G. C., & Azevedo, L. P. (2013). A Agenda Ambiental Pública: barreiras para a articulação entre critérios de sustentabilidade e as novas diretrizes na Administração Pública Federal brasileira. *Revista Eletrônica de Administração*, 19(1), 139–164.
- Tidd, J., Bessant, J., & Pavitt, K. (2008). *Gestão da inovação. Tradução de Elizamari Rodrigues Becker...[et al.]*. Porto Alegre: Bookman.
- Tironi, L. F., & Cruz, B. de O. (2008). Inovação incremental ou radical: há motivos para diferenciar? Uma abordagem com dados da PINTEC. Recuperado de <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1537>
- TJ/SP. (2015). Plano de Logística Sustentável do Tribunal de Justiça do Estado de São Paulo. Recuperado de <http://www.tjsp.jus.br/Download/PlanejamentoEstrategico/PlanoLogisticaSustentavelTJSP.pdf>
- Torres, R. L. (2012). Licitações sustentáveis: sua importância e seu amparo constitucional e legal. *Interesse Público-IP, Belo Horizonte*, ano, 14, 219–241.
- Tronchin, L., & Fabbri, K. (2012). Energy Performance Certificate of building and confidence interval in assessment: An Italian case study. *Energy Policy*, 48, 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.011>
- United Kingdom Department of Trade and Industry. (2007). Innovation. Recuperado 16 de junho de 2016, de <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dti.gov.uk/innovation/innovation-dti/page11863.html>
- United Nations Environment Programme (Org.). (2011). *Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication*. Nairobi, Kenya: UNEP.
- USGBC Announces International Ranking of Top 10 Countries for LEED | U.S. Green Building Council. (2016, dezembro 14). Recuperado 5 de fevereiro de 2017, de <http://www.usgbc.org/articles/usgbc-announces-international-ranking-top-10-countries-leed>
- Venâncio, R., & Pedrini, A. (2008). Influência de decisões arquitetônicas na eficiência energética de edificações do campus/UFRN. *Encontro Nacional de Tecnologia do*

Ambiente Construído, 12. Recuperado de
<http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A1721.pdf>

- Versage, R. de S., & Lamberts, R. (2011). Convênio ecv-271/2008 eletrobras/ufsc equações prescritivas para o regulamento de etiquetagem de eficiência energética de edificações residenciais. Recuperado de
http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/desenvolvimento/RT_LAB_EEE_2011-03%20-%20Equacoes%20Prescritivas.pdf
- Wang, S., Yan, C., & Xiao, F. (2012). Quantitative energy performance assessment methods for existing buildings. *Energy and Buildings*, 55, 873–888. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.037>
- Wang, W., Zmeureanu, R., & Rivard, H. (2005). Applying multi-objective generic algorithms in green building design optimization. *Building and Environment*, 40(11), 1512–1525. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.11.017>
- Yang, Z., & Becerik-Gerber, B. (2014). The coupled effects of personalized occupancy profile based HVAC schedules and room reassignment on building energy use. *Energy and Buildings*, 78, 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.04.002>
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de Caso: Planejamento e método*. Porto Alegre: Bookman.
- Zheng, G., Jing, Y., Huang, H., Zhang, X., & Gao, Y. (2009). Application of Life Cycle Assessment (LCA) and extenics theory for building energy conservation assessment. *Energy*, 34(11), 1870–1879. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.035>
- Zhou, D., Zhao, C. Y., & Tian, Y. (2012). Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications. *Applied Energy*, 92, 593–605. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.08.025>

**ANEXO A – EDIFÍCIOS COMERCIAIS, PÚBLICOS E DE SERVIÇOS
CERTIFICADOS COM O SELO PROCEL EDIFICAÇÕES (ETIQUETA “A”
NO PROCEL-EDIFICA)**

Quadro da Figura AA1:

Nome da Edificação	Empresa/Grupo Solicitante	Endereço da Edificação	UF	Etapas	Data do Selo
Edifício Candelária Corporate	Casa do Futuro	Rua Candelária, 65- Rio de Janeiro	RJ	Ed. Construído	03/05/2016
Posto Franzen	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Rua Melvin Jones, 82- Canela	RS	Ed. Construído	23/02/2016
Posto Gás & Oil	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Q C. O. E. R. (Coer) Quadra 03 PII Do Set Oe, Sobradinho II- Brasília/ DF	DF	Ed. Construído	23/02/2016
Posto SL	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Visconde do Rio Branco ,5922- Aerolândia, Fortaleza	CE	Ed. Construído	23/02/2016
Posto Rezende	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Gentil Bittencourt, 1096-Nazaré, Belém	PA	Ed. Construído	23/02/2016
Posto Angra Batel	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Sete de Setembro, 4814- Curitiba	PR	Ed. Construído	23/02/2016
Posto MF	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Marcelino Pires, 2181- Dourados	MS	Ed. Construído	23/02/2016
Edifício Jacarandá	OPI2 São Paulo Empreendimentos Imobiliários SPE Ltda	Rua Sansão Alves dos Santos,400- Brooklin, São Paulo	SP	Ed. Construído	23/11/2015
Posto Lua de Prata	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Rui Barbosa, 2072- Afonso Pena	PR	Ed. Construído	23/11/2015
Posto Londrinão	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Duque de Caxias, 2009- Londrina	PR	Ed. Construído	23/11/2015
Auto Posto Lucas Garcez	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Eng. Lucas Nogueira Garcez, 608- São Bernardo do Campo	SP	Ed. Construído	05/11/2015
Posto Corimba	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Dom Pedro I , 2421- Ribeirão Preto	SP	Ed. Construído	06/11/2015
Posto Jardim Miriam	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Rua João Batista Queiroz Junior, 457-Campinas	SP	Ed. Construído	06/11/2015
Posto Servicar	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Presidente Getúlio Vargas, 910- Paulina	SP	Ed. Construído	06/11/2015
Posto Oasis	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Av. Barão de Itapura, 2890- Campinas	SP	Ed. Construído	06/10/2015

Ed. Aureliano Chaves	Fund. Forluminas de Seguridade Social - Forluz	Av. Barbacena, 1219, Santo Agostinho - Belo Horizonte	MG	Projeto/ Ed. Construído	16/10/2015
Edifício The One - Áreas Comuns	Condomínio do Edifício The One	Av. Raja Gabaglia, 1143 - Luxemburgo - Belo Horizonte	MG	Ed. Construído	22/10/2015
Posto Jardim Carioca	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Rua Muaituca, 125, Jardim Carioca - Rio de Janeiro	RJ	Ed. Construído	27/03/2015
Posto Carbat	Ipiranga Produtos de Petróleo S.A	Estrada dos Três Rios, 2141, Jacarepaguá - Rio de Janeiro	RJ	Ed. Construído	27/03/2015
Anexo Bl 01 - Swire Bella Vista	Swire Oilfield Services do Brasil Ltda	Rua Rommel Oliveira Garcia (Piloto), S/N - Macaé	RJ	Projeto	25/08/2015
Bloco B da Esplanada dos Ministérios	Ministério do Meio Ambiente	Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília	DF	Projeto	08/05/2015
Empreendimento Hangar 07- Hall de acesso	Consórcio Hangar	Av. Luís Viana, 13145 - São Cristóvão -Salvador	BA	Ed. Construído	26/11/2014
Empreendimento Hangar 06- Hall de acesso	Consórcio Hangar	Av. Luís Viana, 13145 - São Cristóvão -Salvador	BA	Ed. Construído	26/11/2014
Empreendimento Hangar 05- Hall de acesso	Consórcio Hangar	Av. Luís Viana, 13145 - São Cristóvão -Salvador	BA	Ed. Construído	26/11/2014
Empreendimento Hangar 04- Hall de acesso	Consórcio Hangar	Av. Luís Viana, 13145 - São Cristóvão -Salvador - BA	BA	Ed. Construído	26/11/2014
Empreendimento Hangar 03- Hall de acesso	Consórcio Hangar	Av. Luís Viana, 13145 - São Cristóvão -Salvador	BA	Ed. Construído	26/11/2014
Empreendimento Hangar 02- Hall de acesso	Consórcio Hangar	Av. Luís Viana, 13145 - São Cristóvão -Salvador	BA	Ed. Construído	26/11/2014
Empreendimento Hangar 01- Hall de acesso	Consórcio Hangar	Av. Luís Viana, 13145 - São Cristóvão -Salvador	BA	Ed. Construído	26/11/2014
Sede Eletrosul	Eletrobras Eletrosul	Rua Deputado Antônio Edu Vieira, 999 - Florianópolis	SC	Ed. Construído	26/11/2014

Setor de Manutenção	Eletrobras Eletrosul	Rodovia BR-410, km 346, Vila Encruzilhada. Campos Novos	SC	Ed. Construído	26/11/2014
Hotel Bandeirantes	Hotel e Restaurante Bandeirantes	Av. Ramiro Gonçalves da Silva, 191 - Cachoeira do Campo	MG	Projeto	26/11/2014
Edifício The One - Áreas Comuns	Condomínio do Edifício The One	Av. Raja Gabaglia, 1143 - Luxemburgo - Belo Horizonte	MG	Projeto	26/11/2014
Anexo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo em Pelotas / RS	Universidade Federal de Pelotas	Rua Benjamin Constant, 359 - Pelotas	RS	Projeto	26/11/2014
Anexo I - Museu do Meio Ambiente	Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro	Rua Jardim Botânico, 1008 - Rio de Janeiro	RJ	Projeto	26/11/2014
Centro de Documentação da História da Saúde no Rio de Janeiro/RJ	Casa de Oswaldo Cruz/ Fiocruz	Av. Brasil, 4365 - Manguinhos - Rio de Janeiro	RJ	Projeto	26/11/2014
Centro de Educação para Eficiência Energética em Guaratinguetá	Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - UNESP	Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Guaratinguetá	SP	Projeto	26/11/2014
Edifício sede em Londrina/PR	Caixa Econômica Federal	Av. Maringá, 1415 - CEP 86060-000 - Londrina	PR	Projeto	26/11/2014

Figura AA1: Relação de edificações Comerciais, Públicas e de Serviços certificadas com o selo PROCEL Edificações (Avaliados com etiqueta geral “A” no PROCEL-Edifica).

Fonte: autor, adaptado de documento recuperado de (“Selo Procel Edificações”, [s.d.])

APÊNDICE A – MEMORIAL DE CÁLCULO DA ENVOLTÓRIA

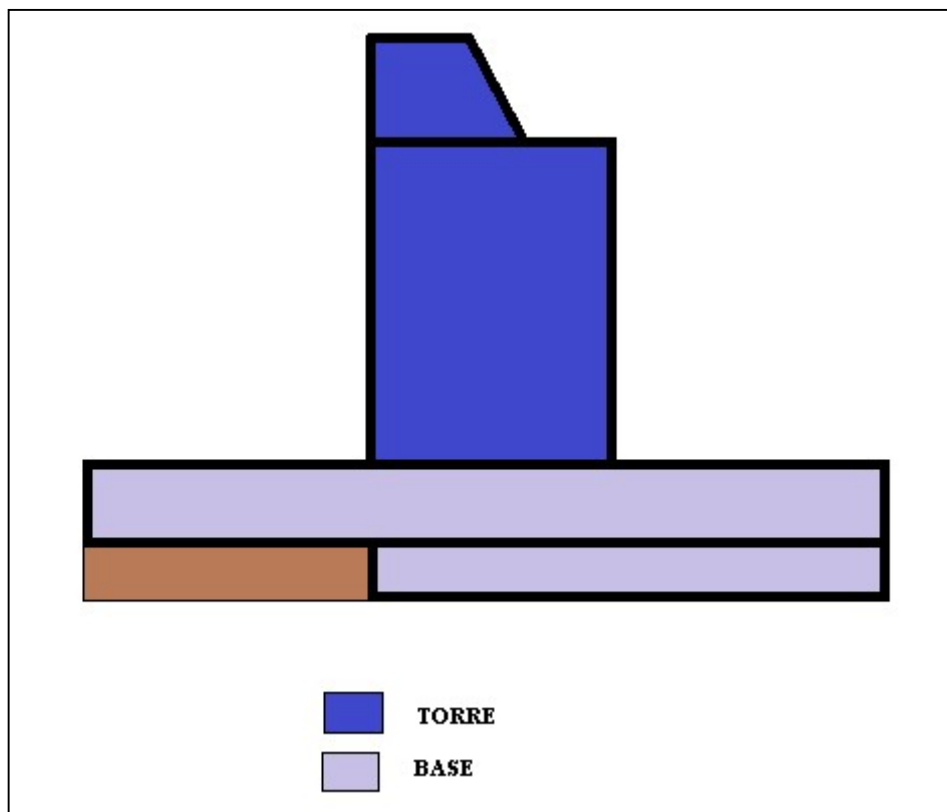


Figura A1: Desenho esquemático a partir de desenhos e fotos do prédio fornecidos. Fonte: autor.

A.1. 1. Fator de forma da Torre

Cálculo do Fator de Forma:

$$F_f = A_{env} / \text{Volume prédio}$$

A_{env} = Área da Envoltória da Torre

$$A_{env} = A_a + A_b + A_c + A_d + A_{cob} = 501,94 + 502,92 + 499,95 + 499,95 + 390,15 = 2393,91 \text{ m}^2$$

Volume da Torre:

$$V_{torre} = A_b \times H = 468,06 \times 19,80 = 9267,59 \text{ m}^3$$

$$F_f \text{ torre} = 2393,91 / 9267,59 = 0,258$$

A.1.2. Fator de Altura da torre:

De acordo com o RTQ-C, o Fator de Altura é dado por:

$$A_{pcob} / A_{tot}$$

Onde,

Apcob = Área de projeção da cobertura, excetuando casa de máquinas e caixa d' água (INMETRO, 2016).

$$\text{Área projeção da cobertura: } 468,06 - 77,91 = 390,15$$

Atot = Área total de piso do edifício

$$\text{Área total do piso da Torre: } 468,06 \times 6 = 2808,36$$

Fator altura Torre = $390,15/2808,36 = 0,1389$
--

A.1.3. Cálculo do Percentual de abertura das fachadas (PAft) da Torre:

$$\text{Fachada Oeste - R. Jericó-Total Largura} = 22,12 + (1,65 * 2) = 25,42$$

$$\text{Total Envidraçado} = 14,50 * 19,8 + (22,68) = 287,10 + 22,68 = 309,78 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \text{Porcentagem envidraçada} = 309,78 / 25,42 * 19,8$$

$$\text{PAF}_o = 61,54 \%$$

Cálculo da abertura total de todas as fachadas:

$$\text{Altura} = 19,8 \text{ m}$$

$$\text{Área envidraçada das reentrâncias: altura das janelas} = 2,8 \text{ m}$$

$$\text{Total 6 janelas} = 2,8 \times 1,35 \times 6 = 22,68 \text{ m}^2 / \text{ cada reentrância}$$

$$\text{Total reentrâncias} = 90,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Total fachada sem janela daquela parede da reentrância} = (1,35 * 19,8) - 22,68 = 4,05 \text{ m}^2 / \text{ reentrância} \rightarrow \text{Total (4 reentrâncias)} = 16,20 \text{ m}^2$$

$$\text{Total fachada} = 22,10 + 22,00 + 21,95 + 21,95 + (1,65 * 8) + 16,20 = (101,2 * 19,8) + 16,20 = 2019,96 \text{ m}^2$$

$$\text{Total abertura} = ((14,35 + 13,55 + 14,50 + 6,20) * 19,8) + 90,72 = (48,60 * 19,8) + 90,72 = 1053,00 \text{ m}^2$$

$$\text{PAF}_t = 1053 / 2019,96$$

$$\text{PAF}_t = 0,5213 \text{ (52,13\%)}$$

$$\text{RTQ-C} \rightarrow \text{PAft} + 20\% = 0,5213 + (0,2 * 0,5213) = 0,6255 = 62,55 > \text{PAFo} = 61,54\%$$

Então deve ser usado para a Torre o PAft = 0,5213
--

A.1.4. Cálculo do Sombreamento Horizontal (AHS)

Somente há sombreamento horizontal nas aberturas (reentrâncias) da Torre.

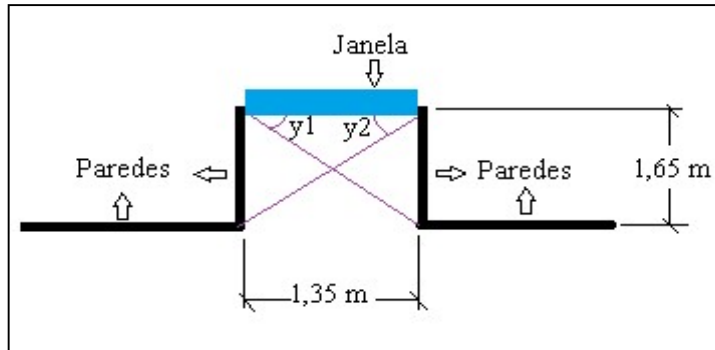


Figura A2: Detalhe das reentrâncias das fachadas. Fonte: autor

$$\text{hipotenusa}^2 = \text{cateto}^2 + \text{cateto}^2$$

$$h^2 = 1,35^2 + 1,65^2 = 4,54$$

$$h = 2,13$$

$$\text{sen}(y1) = \text{cateto oposto} / \text{hipotenusa} = 1,65 / 2,13 = 0,775$$

$$y1=y2 = \text{arcseno } 0,775 = 50^\circ \implies \text{usa-se } 45^\circ \text{ (RTQ-C)}$$

$$\text{AHS} = (45 * 90,72) + 0 / 1053$$

$$\text{AHS} = 3,88^\circ$$

A.1.5. Cálculo do Sombreamento Vertical:

Não existem proteções verticais para sombreamento na Torre.

$$\text{AVS} = 0^\circ$$

A.1.6. Fórmula de Cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória da Torre:

Pelo RTQ-C pg. 107, a fórmula a ser usada, pelos parâmetros:

$$ZB = 3$$

$$A_{pe} = 468,06 \text{ m}^2 \rightarrow A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

$$F_f = 0,258 < 0,70$$

Usar fórmula da eq. 3.5 do RTQ-C.

$$IC_{env} = -175,30*F_a - 212,79*F_f + 21,86*PA_{ft} + 5,59*F_s - 0,19*AVS + 0,15*AHS + 275,19*(F_a/F_f) + 213,35*F_a*F_f - 0,04*PA_{ft}*F_s*AVS - 0,45*PA_{ft}*AHS + 190,42$$

Onde,

$$AHS = 3,88^\circ$$

$$AVS = 0$$

$$F_a = 0,1389$$

$$F_f = 0,258$$

$$F_s = 0,635 \text{ (vidro bronze Cebrace 6 mm (INMETRO, 2013))}$$

$$PA_{ft} = 0,5213$$

$$IC_{env} = -175,30*0,1389 - 212,79*0,258 + 21,86*0,5213 + 5,59*0,635 - 0,19*0 + 0,15*3,88 + 275,19*(0,1389/0,258) + 213,35*0,1389*0,258 - 0,04*0,5213*0,635*0 - 0,45*0,5213*3,88 + 190,42$$

$$IC_{env} = -24,34 - 54,89 + 11,39 + 3,549 - 0 + 0,58 + 148,15 + 7,645 - 0 - 0,91 + 190,42$$

$$IC_{env} = 281,59$$

Calcular IC_{min} , usando os parâmetros abaixo, de acordo com o RTQ-C (PROCEL, 2015):

$$PA_{ft} = 0,05$$

$$F_s = 0,87$$

$$AVS = 0$$

$$AHS = 0$$

$$IC_{min} = -175,30*0,1389 - 212,79*0,258 + 21,86*0,05 + 5,59*0,87 - 0,19*0 + 0,15*0 + 275,19*(0,1389/0,258) + 213,35*0,1389*0,258 - 0,04*0,05*0,87*0 - 0,45*0,05*0 + 190,42$$

$$IC_{min} = -24,34 - 54,89 + 1,093 + 4,863 - 0 + 0 + 148,15 + 7,645 - 0 - 0 + 190,42$$

$$IC_{min} = 272,94$$

Calcular IC_{max} do nível D, usando os parâmetros abaixo, de acordo com o RTQ-C (PROCEL, 2015):

$$PA_{ft} = 0,60$$

$$F_s = 0,61$$

$$AVS=0$$

$$AHS=0$$

$$IC_{max_D} = -175,30*Fa - 212,79*Ff + 21,86*PAFt + 5,59*FS - 0,19*AVS + 0,15*AHS + 275,19*(Fa/Ff) + 213,35*Fa*Ff - 0,04*PAFt*FS*AVS - 0,45*PAFt*AHS + 190,42$$

$$IC_{max_D} = -175,30*0,1389 - 212,79*0,258 + 21,86*0,60 + 5,59*0,61 - 0,19*0 + 0,15*0 + 275,19*(0,1389/0,258) + 213,35*0,1389*0,258 - 0,04*0,60*0,61*0 - 0,45*0,60*0 + 190,42$$

$$IC_{max_D} = -24,349 - 54,89 + 13,116 + 3,409 - 0 + 0 + 148,15 + 7,645 - 0 - 0 + 190,42$$

$$IC_{max_D} = 283,50$$

Intervalos:

$$(IC_{max} - IC_{min})/4 = (283,50 - 272,94)/4 = 2,64$$

Determinação da classificação IC_{env} da Torre:

$$IC_{env} (Torre) > 281,59 \rightarrow \text{Classificação D}$$

A.1.7. Verificação Pré-Requisitos Torre:

Transmitância da Cobertura.

Caixa de água e casa de máquinas devem ser excluídos do cálculo da transmitância térmica, conforme o RTQ-C (INMETRO, 2016)

Transmitância térmica do telhado é mostrada na Figura 30, extraída do Anexo Geral V – Propriedades térmicas, do Procel – Portaria PROCEL/INMETRO 50/2013 – pg. 20.

Portanto, para a cobertura da Torre, temos que:

$$\text{Transmitância térmica telhado} = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

$$U_{cob} = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Transmitância das Paredes:

Unidade: W/m².K (ABNT, 2004)

Face R. Original

Parede de concreto envernizada (escadas e elevadores)

Parede de concreto com espessura de 25 cm.

Largura da Parede = 7,35 ; Altura da Parede = 19,80

$$\text{Área da parede concreto} = 145,53 \text{ m}^2$$

Condutividade do concreto: $\lambda_{\text{concreto}} = 1,75 \text{ W/m K}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

Resistência térmica da parede:

$R_{\text{parede}_{\text{concreto}}} = \text{espessura da parede} / \lambda_{\text{concreto}}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

$$R_{\text{parede}_{\text{concreto}}} = 0,25/1,75 = 0,1428 \text{ (m}^2\cdot\text{k)/W}$$

Somar Resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{\text{parede}_{\text{concreto}}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + 0,1428 + 0,04$$

$$R_T = 0,3128$$

$$\text{Transmitância da Parede} = 1/ R_{\text{parede}_{\text{concreto}}} = 1/0,3128 = 3,19 \text{ W/(m}^2\cdot\text{k)}$$

Parede de tijolos com argamassa e reboco com pastilhas de litocerâmica

Espessura da Parede = 25 cm.

Largura da Parede = 6,80 ; Altura da Parede = 19,80

$$\text{Área da parede} = 134,64 \text{ m}^2$$

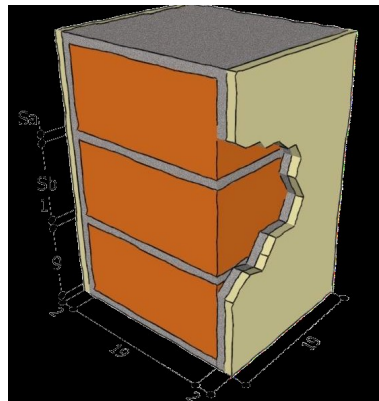


Figura A3 – Detalhe da parede da fachada (pastilha de litocerâmica não aparece). Fonte: RTQ-C, pag. 30

Pastilha de litocerâmica: espessura 1 cm (Maluf, [s.d.])

Condutividade térmica do tijolo = 0,9 (seco) (Protolab, [s.d.])

Resistência térmica da parede:

Composição parede: Tijolo na **maior** medida, argamassa, reboco e pastilha litocerâmica cor pêssego

Tijolo = 5 cm x 9 cm x 19 cm

Argamassa = 1 cm (para cima e para lados)

Reboco = 3 cm (lados)

Propriedades térmicas dos materiais: (RTQ-C pg. 30)

λ cerâmica: 0,90 w/(m.k) (Ordenes *et al.*, 2003)

λ argamassa = λ reboco: 1,15 w/(m.k) (Ordenes *et al.*, 2003)

Duas áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (19cm)+reboco+massa(3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (19cm) + reboco(3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

$R = e / \lambda$ (expressão 1)

Transmitância térmica

$U = 1/R_T$ (Expressão 2)

Resistência Térmica parede

Seção 1 (pastilha, reboco, argamassa e massa corrida)

$$A_1 = 0,01 * 0,09 + 0,01 * 0,06$$

$$A_1 = 0,0015 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,05 * 0,09$$

$$A_2 = 0,0045 \text{ m}^2$$

$$R_1 = e_{\text{pastilha}}/\lambda_{\text{pastilha}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{argamassa}}/\lambda_{\text{argamassa}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,01/0,46 + 0,03/1,15 + 0,19/1,15 + 0,02/1,15$$

$$R_1 = 0,230$$

Seção 1 (pastilha, reboco, tijolo, argamassa e massa corrida)

$$R_2 = e_{\text{pastilha}}/\lambda_{\text{pastilha}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{tijolo}}/\lambda_{\text{tijolo}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,01/0,46 + 0,03/1,15 + 0,19/0,9 + 0,02/0,15$$

$$R_2 = 0,276$$

Total da parede:

$$R_t = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_t = 0,0015 + 0,0045 / (0,0015/0,23 + 0,0045/0,276)$$

$$R_t = 0,263$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{tparede_{concreto}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + 0,263 + 0,04$$

$$R_T = 0,433$$

Transmitância térmica

$$U_{par} = 1/R_T \text{ (Expressão 2)}$$

$$U_{par} = 1/0,433$$

$$U_{par} = 2,31 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Paredes das reentrâncias, de tijolos com argamassa e reboco pintado de cor gelo.

Dimensões das paredes das reentrâncias

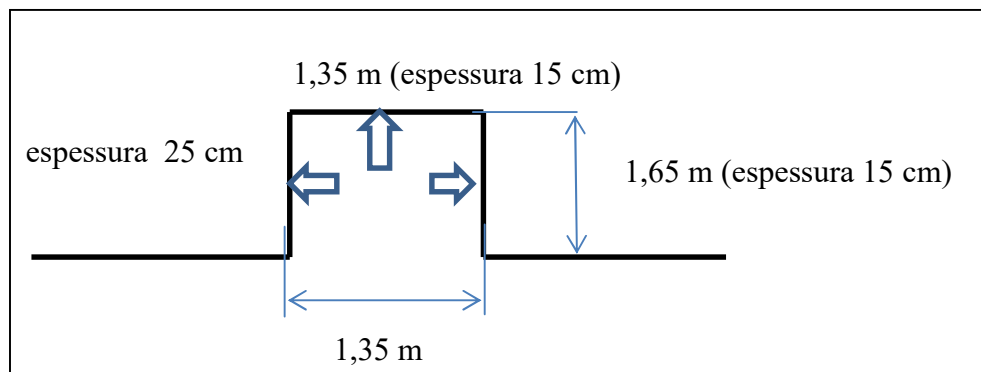


Figura A4: Detalhe das paredes das reentrâncias. Fonte: autor

Área das paredes

Altura: 19,80 m

Largura paredes 1 e 2: 1,65 x 2

Largura parede 3: 1,35

$$A_{parede1} = A_{parede2} = 1,65 * 19,8 = 32,67 \text{ m}^2$$

$$\text{Da parede 3 subtrair 6 janelas envidraçadas (2,80 altura x 1,35 x 6) = 22,68 m}^2$$

$$A_{parede 3} = 1,35 * 19,8 - 22,68 = 4,05 \text{ m}^2$$

Cálculos de Transmitância das paredes 1, 2 e 3 (reentrâncias)

Fonte: RTQ-C, pag. 30

Espessura da Parede = 25 cm.

Condutividade térmica do tijolo = **0,9 (seco)**

Resistência térmica da parede:

Paredes 1 e 3:

Composição parede: Tijolo na **menor** medida, argamassa, reboco, massa corrida e tinta acrílico gelo:

Argamassa = 1 cm (para cima e para lados)

Propriedades térmicas dos materiais:(RTQ-C pg. 30)

$\lambda_{\text{cerâmica}}$: 0,90 w/(m.k);

$\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}} = 1,15 \text{ w/(m.k)}$;

Duas áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (9cm)+reboco+massa(3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (9cm) + reboco+massa(3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

Resistência Térmica parede

Seção 1 (somente reboco e argamassa e massa corrida)

$$A_1 = 0,01 * 0,19 + 0,01 * 0,06$$

$$A_1 = 0,0025 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,05 * 0,19$$

$$A_2 = 0,0095 \text{ m}^2$$

$$R_1 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{argamassa}}/\lambda_{\text{argamassa}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,03/1,15 + 0,09/1,15 + 0,03/1,15$$

$$R_1 = 0,1304$$

$$R_2 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{tijolo}}/\lambda_{\text{tijolo}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,03/1,15 + 0,09/0,9 + 0,03/0,15$$

$$R_2 = 0,1522$$

Total da parede:

$$R_t = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_t = 0,0025 + 0,0095 / (0,0025/0,1304 + 0,0095/0,1522)$$

$$R_t = 0,147$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{tparede_{concreto}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + 0,147 + 0,04$$

$$R_T = 0,317$$

Transmitância térmica

$$U = 1/R_T \text{ (Expressão 2)}$$

$$U = 1/0,317$$

$$U = 3,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Parede 2:

Composição parede: Tijolo na maior medida, argamassa, reboco, massa corrida e tinta acrílico gelo:

Argamassa = 1 cm (para cima e para lados)

Propriedades térmicas dos materiais:(RTQ-C pg. 30)

$\lambda_{\text{cerâmica}}$: 0,90 w/(m.k);

$\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}}$: 1,15 w/(m.k);

Duas áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (19cm)+reboco+massa(3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (19cm) + reboco+massa(3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

Resistência Térmica parede

Seção 1 (somente reboco e argamassa e massa corrida)

$$A_1 = 0,01 * 0,09 + 0,01 * 0,06$$

$$A_1 = 0,0015 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,05 * 0,09$$

$$A_2 = 0,0045 \text{ m}^2$$

$$R_1 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{argamassa}}/\lambda_{\text{argamassa}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,03/1,15 + 0,19/1,15 + 0,03/1,15$$

$$R_1 = 0,217$$

$$R_2 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{tijolo}}/\lambda_{\text{tijolo}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,03/1,15 + 0,19/0,9 + 0,03/0,15$$

$$R_2 = 0,263$$

Total da parede:

$$R_t = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_t = 0,0015 + 0,0045 / (0,0015/0,217 + 0,0045/0,263)$$

$$R_t = 0,25$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{\text{tparede}_{\text{concreto}}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + 0,25 + 0,04$$

$$R_T = 0,42$$

Transmitância térmica

$$U = 1/R_T \text{ (Expressão 2)}$$

$$U = 1/0,42$$

$$U = 2,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Média ponderada Face Rua Original:



Figura A5: Desenho fachada R. Original. Fonte: autor.

Parede com pastilhas litocerâmicas:

Área = 134,64 m² ; U = 2,31 W/m²K

Parede concreto aparente envernizada:

Área = 145,53 m² ; U = 3,19 W/m²K

Paredes reentrância:

P1 → Área = 32,67 m² ; U = 3,15

P2 → Área = 32,67 m² ; U = 2,38

P3 → Área = 4,05 m² ; U = 3,15

Média ponderada = Soma(Areas x Upar) / Soma das áreas

$$U_{media} = \frac{(134,64 \cdot 2,31) + (145,53 \cdot 3,19) + (32,67 \cdot 3,15) + (32,67 \cdot 2,38) + (4,05 \cdot 3,15)}{134,64 + 145,53 + 32,67 + 32,67 + 4,05}$$

$$U_{media} = \frac{311,02 + 464,24 + 102,91 + 77,75 + 12,76}{349,56}$$

$$U_{media} = 968,68 / 349,56$$

$$U_{media} = 2,77 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Face Rua Costa Lôbo:



Figura A6: Desenho Fachada R. Costa Lôbo. Fonte: autor.

Parede Pastilhas Litocerâmicas:

Largura = 6,80 m ; Altura = 19,80 m

Área = 134,64 m² ; U = 2,31 W/m²K

Paredes reentrâncias:

P1 → Área = 32,67 m² ; U = 3,15

P2 → Área = 32,67 m² ; U = 2,38

P3 → Área = 4,05 m² ; U = 3,15

Média ponderada = Soma(Areas x U) / Soma das áreas

$$U_{\text{media}} = \frac{(134,64 * 2,31) + (32,67 * 3,15) + (32,67 * 2,38) + (4,05 * 3,15)}{134,64 + 32,67 + 32,67 + 4,05}$$

$$U_{\text{media}} = 311,01 + 102,91 + 77,75 + 12,76 / 204,03$$

$$U_{\text{media}} = 2,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Face Rua Filinto de Almeida:

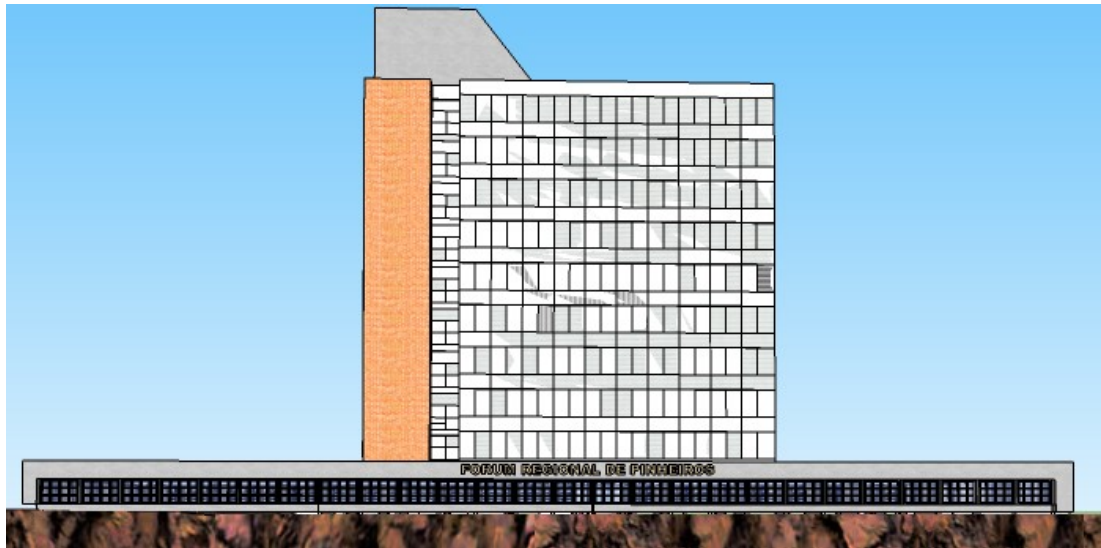


Figura A7: Desenho Fachada Rua Filinto de Almeida. Fonte: autor.

Parede Pastilhas Litocerâmicas:

Largura = 6,00 m ; Altura = 19,80 m

Área = 118,8 m² ; U = 2,31 W/m²K

Paredes reentrância:

P1 → Área = 32,67 m² ; U = 3,15

P2 → Área = 32,67 m² ; U = 2,38

P3 → Área = 4,05 m² ; U = 3,15

Média ponderada = Soma(Areas x U) / Soma das áreas

$$U_{\text{media}} = \frac{(1118,8 \times 2,31) + (32,67 \times 3,15) + (32,67 \times 2,38) + (4,05 \times 3,15)}{1118,8 + 32,67 + 32,67 + 4,05}$$

$$U_{\text{media}} = 274,43 + 102,91 + 77,75 + 12,76 / 188,19$$

$$U_{\text{media}} = 2,49 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Face Rua Jericó:

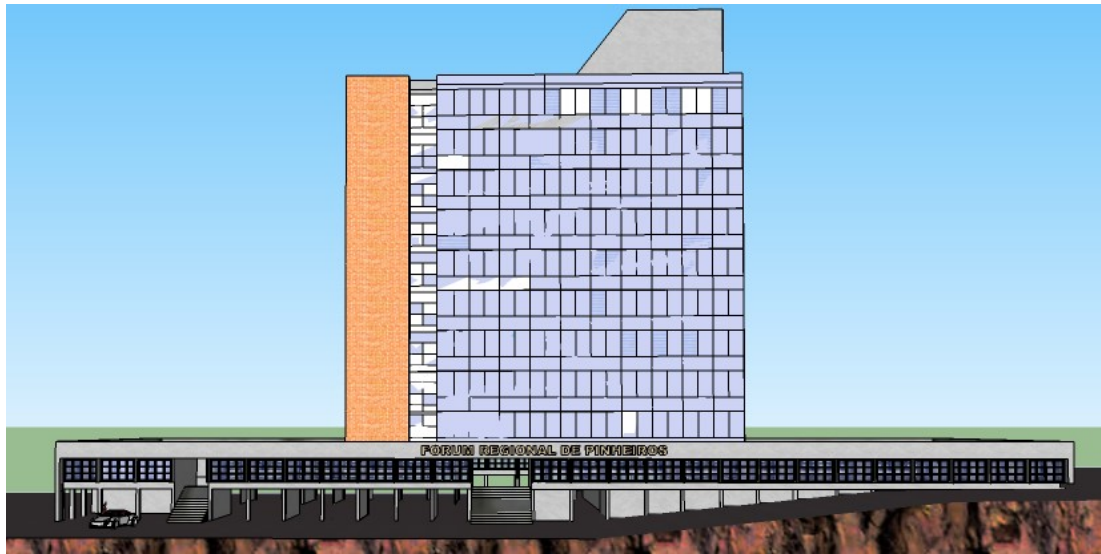


Figura A8: Fachada R. Jericó. Fonte: autor

Parede Pastilhas Litocerâmicas:

Largura = 6,00 m ; Altura = 19,80 m

Área = 118,8 m² ; U = 2,31 W/m²K

Paredes reentrância:

P1 → Área = 32,67 m² ; U = 3,15

P2 → Área = 32,67 m² ; U = 2,38

P3 → Área = 4,05 m² ; U = 3,15

Média ponderada = Soma(Areas x U) / Soma das áreas

$$U_{\text{media}} = \frac{(1118,8 \times 2,31) + (32,67 \times 3,15) + (32,67 \times 2,38) + (4,05 \times 3,15)}{1118,8 + 32,67 + 32,67 + 4,05}$$

$$U_{\text{media}} = 274,43 + 102,91 + 77,75 + 12,76 / 1188,19$$

$$U_{\text{media}} = 2,49 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Portanto, todas as paredes estão abaixo do valor máximo (3,70 W/m².K) e atendem ao pré-requisito de transmitância térmica do RTQ-C para a Zona Bioclimática 3 (São Paulo) (INMETRO, 2016), e a classificação é mantida (Nível D).

Base:

A.1.8. Cálculo Fator Altura da Base.

A_{pcob}/A_{tot}

A_{pcob} = área do teto do térreo.

Área da cobertura do Térreo = 1863,97 m²

Área total do piso da Base:

Área de piso do Térreo + Área de piso do subsolo (parcialmente exposto):

Área de piso do Térreo:

Área total de piso – vão das escadas + área das escadas = 1683,97 – x + y

Escada 1

Vão = 3,75 * 4,65 = 17,4375

Escada = 2,68 * 4,65 = 12,462

Total área = 17,437 – 12,462 = 4,97 m² a ser excluído da área total

Escada 2 = Escada 1

Vão = 3,75 * 4,65 = 17,4375

Escada = 2,68 * 4,65 = 12,462

Total área = 17,437 – 12,462 = 4,97 m² a ser excluído da área total

Escada 3

Total área → Vão = Escada, portanto subtrair 0

Escada 4

Vão = 2,85 * 4,65 = 13,252

Escada = 2,60 * 4,65 = 12,09

Total área = 13,252 – 12,09 = 1,162 m² a ser excluído da área total

Escada 5

Vão = 5,8 * 6,25 = 36,25

Escada = 3,3 * 6,25 = 20,625

Total área = 36,25 – 20,625 = 15,625 m² a ser excluído da área total

Escada 6

$$\text{Vão} = 3,1 * 6,25 = 19,375$$

$$\text{Escada} = 1,2 * 6,25 = 7,5$$

$$\text{Total área} = 19,375 - 7,5 = 11,875 \text{ m}^2 \text{ a ser excluído da área total}$$

$$\text{Total área a ser excluída do Térreo} = 4,97 + 4,97 + 0 + 1,162 + 15,625 + 11,875 = 38,60 \text{ m}^2$$

$$\text{Área piso térreo} = \text{Área piso térreo} - 38,6 = 1863,97 - 38,60$$

$$\text{Área piso térreo} = 1825,37 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de piso do Subsolo} = 715,07 \text{ m}^2 \text{ (dado da documentação da Secretaria da Justiça)}$$

$$\text{Área de piso Base} = \text{Área piso térreo} + \text{Área de piso do Subsolo}$$

$$\text{Área de piso Base} = 1825,37 + 715,07 = 2540,44$$

$$\text{Fa base} = 1863,97 / 2540,44$$

$$\text{Fa base} = 0,73$$

A.1.9. Fator de Forma Base:

Junto com o Fator Altura compõe os Fatores Geométricos do edifício. É formado pela divisão da área total da envoltória do prédio (Aenv) pelo volume da edificação (Vpredio).

Cálculo do Fator de Forma:

$$\text{Ff} = \text{Aenv} / \text{Volume prédio}$$

Volume do prédio:

$$\text{Volume base} = \text{Aterreo} \times \text{pé-direito} + \text{Asubsolo} \times \text{pé-direito}$$

$$\text{Pé-direito térreo} = 4,10$$

$$\text{Pé-direito subsolo} = 3,60$$

$$\text{V base} = 1863,97 * 4,10 + 715,07 * 3,60 =$$

$$\text{Vbase} = 7642,277 + 2574,252$$

$$\text{Vbase} = 10216,53 \text{ m}^3$$

$$\text{Aenv} = \text{Aenv fachadas térreo} + \text{Aenv cob térreo} + \text{Aenv externa subsolo}$$

$$\text{Aenv fachadas térreo (frente e fundo)} = 74,41 \times 4,10 \times 2 = 610,16$$

$$\text{Aenv fachadas térreo (laterais)} = 25,05 \times 4,10 \times 2 = 205,41$$

Aenv externa subsolo = praticamente não há paredes externas; considerado = 0

Aenv cobertura térreo = área total cobertura = 1863,97 m²

Aenv_{Base} = 610,16+205,41+0+1863,97 = 2679,54 m²

$$Ff_{base} = 2679,54/10216,53 = 0,26$$

Portanto, para a Base:

Faltura = 0,73

Fforma = 0,26

A.1.10. Cálculo de Abertura das Fachadas da Base.

Cálculo PAft Térreo

Fachadas Ruas Filinto de Almeida e Jericó

Área Total = 74,41 * 4,10 = 305,12 m²/fachada * 2 = 610,16 m²

Medidas de planta (m):

Vidros = 8* 4,45 + 3* 4,65 = 49,55 m/fachada

Aberturas (escadas) = 4,65 + 6,25 + 4,55 = 15,45 m/fachada

Áreas :

Área fachada envidraçada = 49,55 * 4,10 = 203,15 m² x 2 fachadas

Área fachada envidraçada = 406,30 m²

Área fachada aberturas = 15,45* 4,10 * 2

Área fachada aberturas = 126,69 m²

Fachadas Ruas Costa Lôbo e Rua Original:

Área Total = 25,05 * 4,10 = 102,70 m²/fachada * 2 fachadas = 205,40 m²

Área envidraçada por fachada = 6 janelas de 1,20 por 0,50 = 3,60 m²

Área envidraçada = 3,60 * 2 = 7,20 m²

Área Total 4 fachadas da Base (Térreo + subsolo) = 610,24 + 205,40

Área Total fachadas = 815,64 m²

Área Total vazada (vidros + aberturas) = 540,19 m²

$$PA_{Ft} = 540,19 / 815,64 = 0,662$$

Fachado Oeste : PA_{Fo} é calculado para a face oeste, que neste caso é a fachada da rua Jericó.

$$PA_{Fo} = 203,15 / 305,12 = 0,665$$

Verificação PA_{Ft} x PA_{Fo}

PA_{Ft} + 20% deve ser maior que PA_{Fo}

$$0,662 + (0,2 * 0,662) = 0,794 > 0,665 ; \text{Portanto usar } PA_{Ft}$$

A.1.11. Sombreamento Vertical e Horizontal - cálculos de AVS e AHS:

Fachada Rua Jericó e Rua Filinto:

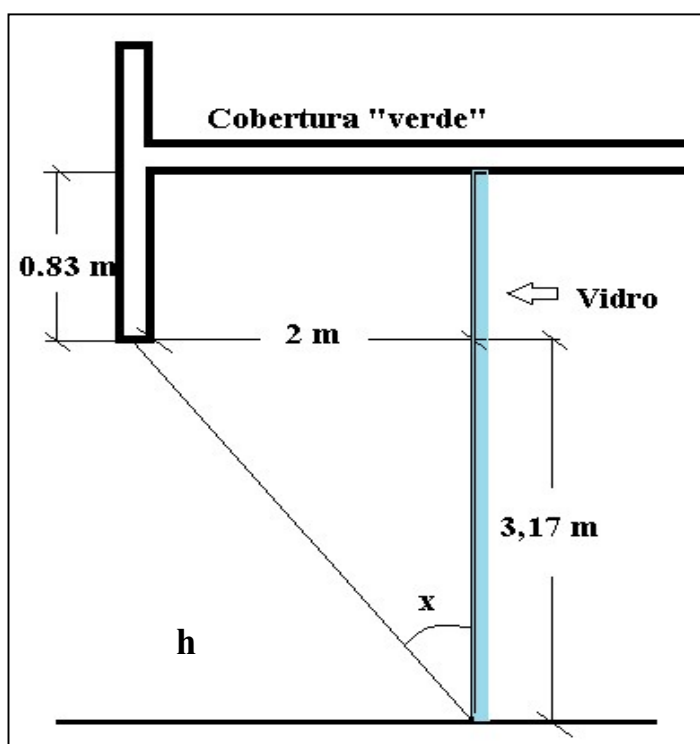


Figura A9: Sombreamento Vertical. Fachada Rua Jericó e Rua Filinto. Fonte: autor

Sombreamento Vertical

$$x = \text{AVS}$$

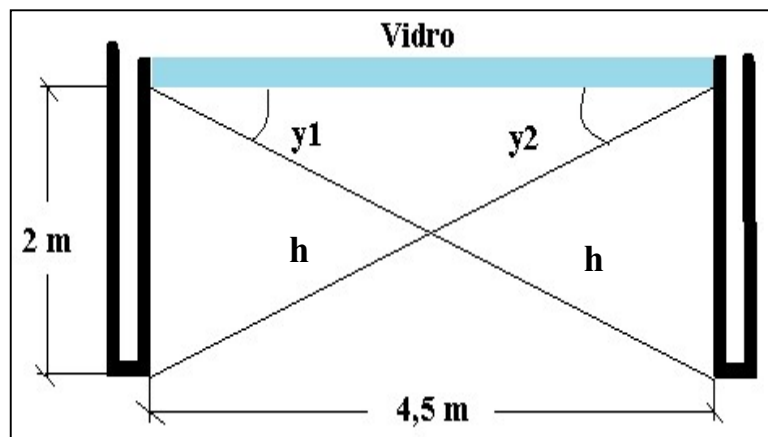
$$h^2 = 2^2 + 3,17^2$$

$$h = 3,75$$

$$\text{sen}(x) = 2 / 3,75 = 0,53$$

$$x = \text{AVS} = 31^\circ$$

Sombreamento Horizontal



**Proteções Solares Laterais
(Vista de Planta)**

Figura A10: Sombreamento Horizontal. Fachada Rua Jericó e Rua Filinto. Fonte: autor

$$y1 = y2 = \text{AVS}$$

$$h^2 = 2^2 + 4,5^2$$

$$h = 4,92$$

$$\text{sen}(y1) = \text{sen}(y2) = 2/4,92$$

$$y1 = y2 = \text{AHS} = 24^\circ$$

$$\text{AVS} = 31^\circ$$

$$\text{AHS} = 24^\circ$$

Fachadas Rua Costa Lôbo e R. Original

$$\text{AVS} = 0$$

Proteção de concreto

$$\text{AHS} = 45^\circ \text{ (máximo pelo RTQ-C)}$$

$$\text{Áreas abertura Jericó e Filinto} = 4,5 \times 3,60 \times 12 \times 2 = 388,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Áreas abertura C. Lobo e Original} = 1,20 \times 0,50 \times 6 \times 2 = 7,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Ângulo Ponderado} = (388,8 \times 24^\circ) + (7,2 \times 45^\circ) / (388,8 + 7,2) = 24,37^\circ$$

Portanto, para o Térreo:

$$\text{AHS} = 24,37^\circ$$

$$\text{AVS} = 31^\circ$$

Subsolo

Existem três janelas de 1,2 m x 0,5 m → área de 1,8 m², sem proteção solar.

$$\text{AHS} = \text{AVS} = 0$$

A.1.12. Fórmula de Cálculo do Indicador de Consumo da Envoltória da Base:

$$\text{Fa} = 0,73$$

$$\text{Ff} = 0,26$$

$$\text{PAFt} = 0,662$$

$$\text{FS} = 0,635$$

$$\text{AVS} = 31^\circ$$

$$\text{AHS} = 24,37^\circ$$

$$\text{ICenv} = -14,14 \text{ FA} - 113,94 \text{ FF} + 50,82 \text{ PAFt} + 4,86 \text{ FS} - 0,32 \text{ AVS} + 0,26 \text{ AHS} - 35,75/\text{FF} - 0,54 \text{ PAFt} \cdot \text{AHS} + 277,98$$

$$\text{ICenv} = -14,14 * 0,73 - 113,94 * 0,26 + 50,82 * 0,662 + 4,86 * 0,635 \text{ (é o mesmo vidro da torre)} - 0,32 * 31 + 0,26 * 24,37 - 35,75/0,26 - 0,54 * 0,662 * 24,37 + 277,98$$

$$\text{ICenv} = -10,32 - 29,62 + 33,64 + 3,086 - 9,92 + 6,336 - 137,50 - 8,712 + 277,98$$

$$\text{ICenv} = 124,97$$

Calcular ICmin, segundo parâmetros do RTQ-C.

$$\text{Fa} = 0,73$$

$$F_f = 0,26$$

$$PA_{ft} = 0,05$$

$$F_S = 0,87$$

$$A_{VS} = 0$$

$$A_{HS} = 0$$

$$IC_{min} = -14,14 \cdot 0,73 - 113,94 \cdot 0,26 + 50,82 \cdot 0,05 + 4,86 \cdot 0,87 - 0,32 \cdot 0 + 0,26 \cdot 0 - 35,75 / 0,26 - 0,54 \cdot 0,05 \cdot 0 + 277,98$$

$$IC_{min} = -10,32 - 29,62 + 2,54 + 4,23 - 0 + 0 - 137,50 - 0 + 277,98$$

$$IC_{min} = 107,31$$

Calcular IC_{max_D} (nível D), segundo parâmetros do RTQ-C.

$$F_a = 0,73$$

$$F_f = 0,26$$

$$PA_{ft} = 0,60$$

$$F_S = 0,61$$

$$A_{VS} = 0$$

$$A_{HS} = 0$$

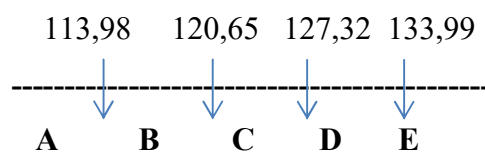
$$IC_{max_D} = -14,14 \cdot 0,73 - 113,94 \cdot 0,26 + 50,82 \cdot 0,60 + 4,86 \cdot 0,61 - 0,32 \cdot 0 + 0,26 \cdot 0 - 35,75 / 0,26 - 0,54 \cdot 0,60 \cdot 0 + 277,98$$

$$IC_{max_D} = -10,32 - 29,62 + 30,49 + 2,96 - 0 + 0 - 137,50 - 0 + 277,98$$

$$IC_{max_D} = 133,99$$

Intervalos:

$$i = (IC_{max} - IC_{min}) / 4 = (133,99 - 107,31) / 4 = 6,67$$



Determinação da classificação ICenv da Base:

$$\text{ICenv} = 124,97 > 120,65 \rightarrow \text{Classificação C}$$

A.1.13. Verificação pré-requisitos da Base.

Para manter a Classificação C (Base) é necessário que atenda ao pré-requisito específico de transmitância, ou seja, “a transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) não deve ultrapassar $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ para qualquer ambiente ou Zona Bioclimática”. A transmitância térmica das paredes deve se manter, nas Zonas Bioclimáticas de 1 a 6, abaixo de $3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ (INMETRO, 2016)

Térreo:

- Cobertura telhado vegetal – verificar transmitância.
- Fachadas Filinto e Jericó: Paredes laterais praticamente não existem.
- Fachadas Original e C. Lôbo: Paredes laterais de Tijolos de 0,25 m com emboço desempenado de argamassa de cimento e areia, massa fina pintada com látex acrílico cor branco.

Cálculos Cobertura da Base.

Ver Figura 33, desenho esquemático teto vegetal.

Entre a argamassa e a laje existe manta impermeável de 1,5 cm.

Resistência térmica:

$$R_{cob} = R_{terra} + R_{argamassa} + R_{manta} + R_{concreto}$$

Cálculo Resistência pela Norma 15220

R = espessura elemento / condutividade térmica do elemento (λ).

Condutividade

Concreto: $\lambda_{concreto} = 1,75 \text{ W/m K}$ (Ordenes, Pedrini, Ghisi, & Lamberts, 2003)

Terra: $\lambda_{terra} = 1,88 \text{ W/m K}$

Argamassa: $\lambda_{argamassa} = 1,15 \text{ W/m K}$

Manta: $\lambda_{manta} = 0,23 \text{ W/m K}$

$$R_{cob} = 0,4/1,88 + 0,10/1,15 + 0,015/0,23 + 0,40/1,75$$

$$R_{cob} = 0,59 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

Deve-se levar em conta e somar as resistências superficiais externas (R_{se}) e internas (R_{si}) dos materiais (NBR 15-220):

$$R_{Tcob} = R_{se} + R_{cob} + R_{si}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$R_{Tcob} = 0,04 + 0,59 + 0,17$$

$$R_{Tcob} = 0,8 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

Transmitância térmica

$$U_{cob} = 1/R_{Tcob} \text{ (Expressão 2)}$$

$$U_{cob} = 1 / 0,8$$

$$U_{cob} = 1,25 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_{cob} = 1,25 \text{ W/m}^2.\text{K} < 2 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Face R. Original

Não tem garagem visível. Somente parede lateral.

Área ocupada pela parede:

$$\text{Subtrair 6 janelas de } 1,20 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} = 6 * 1,2 * 0,5 = 36 \text{ m}^2$$

Largura: 24,55 m ; Altura: 5,70 m

$$\text{Área} = 139,93 \text{ m}^2 - 36 \text{ m}^2 = 103,93 \text{ m}^2$$

Composição parede: Tijolo na **maior** medida, argamassa, reboco, massa corrida e tinta acrílico gelo:

Argamassa = 1 cm (para cima e para lados)

Propriedades térmicas dos materiais:(RTQ-C pg. 30)

$\lambda_{\text{cerâmica}}$: 0,90 w/(m.k);

$\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}}$: 1,15 W/(m.K);

Duas áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (19cm)+reboco+massa(3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (19cm) + reboco+massa(3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

Resistência Térmica parede

Seção 1 (somente reboco e argamassa e massa corrida)

$$A_1 = 0,01 * 0,09 + 0,01 * 0,06$$

$$A_1 = 0,0015 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,05 * 0,09$$

$$A_2 = 0,0045 \text{ m}^2$$

$$R_1 = \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}} + \text{eargamassa}/\lambda_{\text{argamassa}} + \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,03/1,15 + 0,19/1,15 + 0,03/1,15$$

$$R_1 = 0,217$$

$$R_2 = \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}} + \text{etijolo}/\lambda_{\text{tijolo}} + \text{ereboco}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,03/1,15 + 0,19/0,9 + 0,03/0,15$$

$$R_2 = 0,263$$

Total da parede:

$$R_t = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_t = 0,0015 + 0,0045 / (0,0015/0,217 + 0,0045/0,263)$$

$$R_t = 0,25$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{tparede_{\text{concreto}}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + 0,25 + 0,04$$

$$R_T = 0,42$$

Transmitância térmica

$$U = 1/R_T \text{ (Expressão 2)}$$

$$U = 1/0,42$$

$$U = 2,38 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

Face R. Costa Lôbo

Garagem visível. Somente parede lateral.

Área ocupada pela parede:

Subtrair 6 janelas de 1,20 m x 0,50 m = $6 * 1,2 * 0,5 = 36 \text{ m}^2$

Largura: 24,55 m ; Altura: 5,70 m

$$\text{Área} = 139,93 \text{ m}^2 - 36 \text{ m}^2 = 103,93 \text{ m}^2$$

Composição parede: Tijolo na maior medida, argamassa, reboco, massa corrida e tinta acrílico gelo:

Argamassa = 1 cm (para cima e para lados)

Propriedades térmicas dos materiais: (RTQ-C pg. 30)

$\lambda_{\text{cerâmica}} = 0,90 \text{ w/(m.k)}$;

$\lambda_{\text{argamassa}} = \lambda_{\text{reboco}} = 1,15 \text{ w/(m.k)}$;

Dois áreas distintas são encontradas:

Área 1 : massa corrida + reboco (3cm) + argamassa (19cm) + reboco + massa (3)

Área 2: massa corrida + reboco (3cm) + tijolo comum (19cm) + reboco + massa (3cm)

Cálculo da resistência térmica (NBR 15220 pg. 10)

Resistência Térmica parede

Seção 1 (somente reboco e argamassa e massa corrida)

$$A_1 = 0,01 * 0,09 + 0,01 * 0,06 = 0,0015 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,05 * 0,09 = 0,0045 \text{ m}^2$$

$$R_1 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{argamassa}}/\lambda_{\text{argamassa}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_1 = 0,03/1,15 + 0,19/1,15 + 0,03/1,15$$

$$R_1 = 0,217$$

$$R_2 = e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}} + e_{\text{tijolo}}/\lambda_{\text{tijolo}} + e_{\text{reboco}}/\lambda_{\text{reboco}}$$

$$R_2 = 0,03/1,15 + 0,19/0,9 + 0,03/0,15$$

$$R_2 = 0,263$$

Total da parede:

$$R_t = A_1 + A_2 / (A_1/R_1 + A_2/R_2)$$

$$R_t = 0,0015 + 0,0045 / (0,0015/0,217 + 0,0045/0,263) = 0,25$$

Somar resistências superficiais interna e externa (NBR 15220 – Tab. A1 pg. 7)

$$R_T = R_{si} + R_{\text{tparede concreto}} + R_{se}$$

$$R_T = 0,13 + 0,25 + 0,04 = 0,42$$

Transmitância térmica

$$U = 1/R_T \text{ (Expressão 2)} = 1/0,42$$

$$U = 2,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A Transmitância da Base do prédio é:

$$U = 2,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Portanto o Pré-Requisito de Nível C para a Base é atendido.

A.1.14. Cálculo da Eficiência Total da Envoltória, segundo o RTQ-C (pg. 210)

Cálculo da Classificação geral da Envoltória do edifício.: “As Envoltórias serão avaliadas separadamente, por bloco, e sua classificação será ponderada pela área da envoltória, para definir o EqNumEnv da equação final.” (PROCEL, 2016)

Área Envoltória da Torre: 2393,91 m²

Classificação da Envoltória da Torre: D (EqNumEnv = 2)

Área Envoltória da Base: 2786,72 m²

Classificação da Envoltória da Base: C (EqNumEnv = 3)

Classificação ponderada:

$$\text{EqNumEnv}_{\text{Geral}} = (\text{Atorre} \times \text{Eqnum torre}) + (\text{Abase} \times \text{Eqnum base}) / \text{Atorre} + \text{Abase}$$

$$\text{EqNumEnv}_{\text{Geral}} = (2393,91 \times 2) + (2786,72 \times 3) / 5180,63$$

$$\text{EqNumEnv}_{\text{Geral}} = 2,538$$

Pela Tabela 2.3 do RTQ-C (pg. 69):

$$\text{Classificação Geral da Envoltória} = \underline{\text{C}} \text{ (2,5 < 2,538 < 3,5)}.$$

APÊNDICE B – DADOS PARA CÁLCULO DE ILUMINAÇÃO

Tabela B1: Quantidades e tipos de lâmpadas no piso subsolo

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpadas	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
S	Copa		6	LED	18	108
S	Sala limpeza e depósito + segurança		14	Fluorescente	40	560
S	Banheiro		4	Fluorescente	40	160
S	Sala Transporte/ motoristas		0	--	0	0
S	Garagem		24	LED	18	432
S	Garagem		44	Fluorescente	40	1760
S	Manutenção		4	Fluorescente	40	160
S	Guarita		1	Fluorescente	40	40
S	Escada		2	LED	18	36
Total Subsolo (Watts)						3256

. Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

Tabela B2: Quantidades e tipos de lâmpadas no piso térreo .(algumas salas não estavam identificadas):

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpadas	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
T	1º Ofício Cível	A01	68	Fluorescente	40	2720
T	WC M/F 1º Ofício Cível	A01	4	Fluorescente	40	160
T	JEC Cartório	A06	24	Fluorescente	40	960
T	2º Ofício Cível	A02	76	Fluorescente	40	3040
T	PAJ Cível triagem					
T	WC M/F 2º Ofício Cível	A02	4	Fluorescente	40	160
T	Xerox		16	Fluorescente	40	640
T	Circulação 1ª ala A		18	Fluorescente	40	720
T	JEPEC cartório	A12	52	Fluorescente	40	2080

	WC M/F JEPEC	A1 2	4	Fluorescente	40	160
T	3º Ofício Cível 1 e 2 + 2 Banh	A1 1	80	Fluorescente	40	3200
T	WC M/F 3º Ofício Cível	A1 1	4	Fluorescente	40	160
T	Banco		36	Fluorescente	40	1440
T	WC M/F Banco		4	Fluorescente	40	160
T	Circulação principal		20	Fluorescente	40	800
T	PM		2	LED	18	36
T	Fiscal					0
T	WC		2	Fluorescente	40	80
T	Café		4	Fluor compacta	20	80
T	1º Ofício da família e sucessões		68	Fluorescente	40	2720
T	WC M/F 1º Of da fam e suc		4	Fluorescente	40	160
T	Psicologia e Assist Social		20	Fluorescente	40	800
T	DEP					0
T	Distrib MODEM					0
T	2º Ofício da família e sucessões		68	Fluorescente	40	2720
T	WC M/F 2º Of da fam e suc		4	Fluorescente	40	160
T	Psicologia		24	Fluorescente	40	960
T	Circulação 3 + Circulação 4		38	Fluorescente	40	1520
T	WC M/F		4	Fluorescente	40	160
T	Assist Social		32	Fluorescente	40	1280
T	Assist Social Triagem					
T	Assist Social					
T	Ofício Infância e Juventude		40	Fluorescente	40	1600
T	Banheiro					
T	4º Ofício		56	Fluorescente	40	2240

	Cível					
T	Banheiro 4º Ofício Cível					
T	Distribuidor		28	Fluorescente	40	1120
T	Escada		3	LED	18	54
Total Terreo (Watts)						32090

Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

Tabela B3: Quantidades e tipos de lâmpadas no primeiro andar.

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpada s	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
1	Partidor /Contador	101	16	Fluorescente	40	640
1	PM e Cela		4	Fluorescente	40	160
1	Almoxarifado	111	8	Fluorescente	40	320
1	WC Privativo	111	2	Fluorescente	40	80
1	Vara Criminal	102	20	Fluorescente	40	800
1	Promotor Justiça Cível	103	8	Fluorescente	40	320
1	Promotor Justiça Criminal	110	8	Fluorescente	40	320
1	Juiz Auxiliar	108	16	Fluorescente	40	640
1	Juiz Titular	109	24	Fluorescente	40	960
1	Hall		24	Fluorescente	40	960
1	WC Público Masc e Fem		8	Fluorescente	40	320
1	Conciliação	106	16	Fluorescente	40	640
1	OAB atendimento	107	8	Fluorescente	40	320
1	Escada		6	Fluorescente	40	240
Total 1º andar (Watts)						6720

Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

Tabela B4: Quantidades e tipos de lâmpadas no segundo andar.

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpadas	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
2	1º Ofício Criminal + almoxarifado	201/202/203	42	Fluorescente	40	1680
2	5º Ofício Cível + arquivo	208/209/210/211/212	64	Fluorescente	40	2560
2	Hall		8	LED	18	144
2	Hall		2	Fluorescente	40	80
2	WC Público Masc e Fem		8	Fluorescente	40	320
2	Banco Brasil	206	16	Fluorescente	40	640
2	Oficiais de Justiça	207	8	Fluorescente	40	320
2	Escada		6	Fluorescente	40	240
Total 2º andar (Watts)						5984

Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

Tabela B5: Quantidades e tipos de lâmpadas no terceiro andar.

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpadas	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
3	1ª Vara da Família Juiz Auxiliar	301	8	Fluorescente	40	320
3	WC Privativo Juiz Auxiliar	301	2	Fluorescente	40	80
3	Defensoria Pública (Atendimento)	313	8	Fluorescente	40	320
3	Defensoria Pública	312	8	Fluorescente	40	320
3	1ª Vara da Família Juiz Titular	302	16	Fluorescente	40	640
3	Setor Mediação Varas Família	311	8	Fluorescente	40	320
3	Vara da Família Prom Justiça Cível	303	8	Fluorescente	40	320
3	2ª Vara da Família Juiz Titular	310	16	Fluorescente	40	640
3	Hall		8	Fluorescente	40	320
3	Hall		8	LED	18	144
3	WC Público M e F		8	Fluorescente	40	320
3	WC Privativo MP		4	Fluorescente	40	160
3	OAB		16	Fluorescente	40	640
3	2ª Vara da Família Juiz Auxiliar	309	8	Fluorescente	40	320
3	WC Privativo Juiz Auxiliar	309	2	Fluorescente	40	80

3	Escada		2	LED	18	36
3	Escada		2	Fluorescente	40	80
Total 3º andar (Watts)						5060

Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

Tabela B6: Quantidades e tipos de lâmpadas no quarto andar.

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpadas	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
4	2ª Vara Cível	401	8	Fluorescente	40	320
4	WC Juiz Auxiliar	401	2	Fluorescente	40	80
4	STI	413	8	Fluorescente	40	320
4	Conciliação	412	8	Fluorescente	40	320
4	2ª Vara Cível	402	16	Fluorescente	40	640
4	Conciliação	411	8	Fluorescente	40	320
4	Promotoria Justiça Cível	403	8	Fluorescente	40	320
4	1ª Vara Cível	410	16	Fluorescente	40	640
4	Hall		8	Fluorescente	40	320
4	Hall		8	LED	18	144
4	WC Público M e F		8	Fluorescente	40	320
4	WC MP		4	Fluorescente	40	160
4	MP Secretaria	407/408	16	Fluorescente	40	640
4	1ª Vara Cível Juiz Auxiliar	409	8	Fluorescente	40	320
4	WC Juiz Auxiliar	409	2	Fluorescente	40	80
4	Escada		2	LED	18	36
4	Escada		2	Fluorescente	40	80
Total 4º andar (Watts)						5060

Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

Tabela B7: Quantidades e tipos de lâmpadas no quinto andar.

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpadas	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
5	4ª Vara Cível	501	8	Fluorescente	40	320
5	WC Juiz Auxiliar	501	2	Fluorescente	40	80
5	Central de Mandatos	512	18	Fluorescente	40	720
5	Central de Mandatos	511				0
5	4ª Vara Cível Juiz Titular	502	16	Fluorescente	40	640
5	Promotoria Infância e Juventude	503	8	Fluorescente	40	320
5	Promotoria Infância e Juventude	510	8	Fluorescente	40	320
5	3ª Vara Cível Juiz Titular	509	16	Fluorescente	40	640
5	Hall		8	LED	18	144
5	WC Público M e F		4	LED	18	72

5	Vara Infância e Juvent	506/507	18	Fluorescente	40	720
5	WC Privat Vara Inf Juv	506/507	2	Fluorescente	40	80
5	3ª Vara Cível Juiz Auxiliar	508	8	Fluorescente	40	320
5	WC Juiz Auxiliar	508	2	Fluorescente	40	80
5	Escada		2	LED	18	36
5	Escada		2	Fluorescente	40	80
Total 5º andar (Watts)						4572

Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

Tabela B8: Quantidades e tipos de lâmpadas no sexto andar.

Andar	Orgão	Sala	Número Lâmpadas	Tipo	Potência (W)	Soma p/sala
6	WC Masc	601	3	LED	18	54
6	WC Feminino	602	3	LED	18	54
6	Vestiário Feminino	603	28	Fluorescente	40	1120
6	Sala Fiscalização	603				0
6	Vestiário Fiscal	603				0
6	Vestiário PM	603				0
6	Hall					0
6	Sala Lanches	608	24	Fluorescente	40	960
6	Despensa + Copa	607				0
6	Telefonia	604	57	Fluorescente	40	2280
6	Limpadora (Limpeza)	604				0
6	Ascensoristas	604				0
6	Zeladoria/Admin/Secretaria	604				0
6	Almoxarifado/Zeladoria	605				0
6	Almoxarifado Administrativo	605				0
6	Corredor	606	40	Fluorescente	40	1600
6	5ª Vara Cível Juiz Titular	606				0
6	5ª Vara Cível Juiz Auxiliar	606				0
6	WC Privativo Juiz Auxiliar	606	2	Fluorescente	40	80
6	Escada		6	Fluorescente	40	240
Total 6º andar (Watts)						6388

Fonte: autor em visitas ao TJ/SP

APÊNDICE C – DADOS DE CONDICIONAMENTO DE AR

Subsolo: Não possui condicionamento de ar artificial.

Tabela C1 - Térreo

Andar	Orgão	Sala	Número Ar Condicionado	Modelo/Marca	BTU/h	Procel/COP	Soma por Sala (BTU/h)
T	Banco		1	Split / Carrier	24000	D	24000
T	DEP		1	Janela / Silentia - Springer	30000	B	30000
Total Terreo			2		54000		54000

Tabela C1: Aparelhos de ar condicionado piso Térreo. Fonte: dados do TJ/SP.

Tabela C2 - Primeiro Andar

An-dar	Orgão	Sala	Número Ar Condicionado	Modelo/Mar-ca	BTU/h	Procel/COP	Soma por Sala
1	Partidor /Contador	101	1	Janela / Silentia-Springer	21000	A	21000
1	1ª Vara Criminal	102	1	Janela/ Silentia-Springer	30000	B	30000
1	Promotor Justiça Cível	103	1	Janela/Consul Air Master	10000	E*	10000
1	Juiz Auxiliar	108	1	Janela/ Silentia-Springer	21000	A	21000
1	Juiz Titular	109	1	Split/Carrier	24000	D	24000
1	Conciliação	106	1	Split/Carrier	24000	D	24000
Total 1º andar			6		130000		130000

Tabela C2: Aparelhos de ar condicionado primeiro andar. Fonte: dados do TJ/SP.

*Obs: Não encontrada a classificação, assumida como a pior possível (E).

Tabela C3 - Segundo Andar

An-dar	Orgão	Sala	Número Ar Condicionados	Modelo/ Marca	BTU/h/ cada	Procel/ COP	Soma por Sala
2	1º Ofício Criminal + almoxarifado	201/202/203	1	Split /	48000	C	48000
2	5º Ofício Cível + arquivo	208/209/210/211/212	2	Split/LG	24000	B	48000
2	Banco Brasil	206	1	Split/Carrier	24000	D	24000
Total 2º andar			4		120000		120000

Tabela C3: Aparelhos de ar condicionado segundo andar. Fonte: dados do TJ/SP.

Tabela C4 - Terceiro Andar

An- dar	Orgão	Sala	Núme- ro Ar Condic ionado s	Modelo/Marca	BTU/h	Procel/ COP	Soma por Sala
3	1ª Vara da Família Juiz Auxiliar	301	1	Janela / Silentia- Springer	21000	A	21000
3	Defensoria Pública	312	1	Janela/Air Master- Consul	21000	A	21000
3	1ª Vara da Família Juiz Titular	302	1	Janela / Silentia- Springer	30000	B	30000
3	Setor Mediação Varas Família	311	1	Janela / Silentia- Springer	30000	B	30000
3	2ª Vara da Família Juiz Titular	310	1	Janela / Silentia- Springer	30000	B	30000
3	OAB		1	Janela / Consul	18000		18000
3	2ª Vara da Família Juiz Auxiliar	309	1	Janela / Silentia- Springer	21000	A	21000
Total 3º andar			7		171000		171000

Tabela C4: Aparelhos de ar condicionado terceiro andar. Fonte: dados do TJ/SP.

Tabela C5 - Quarto Andar

An- dar	Orgão	Sala	Númer o Ar Condic ionado	Modelo/Marca	BTU/h	Procel/ COP	Soma por Sala
4	2ª Vara Cível	401	1	Janela / Silentia-Springer	21000	A	21000
4	2ª Vara Cível	402	1	Janela / Silentia-Springer	30000	B	30000
4	Promotoria Justiça Cível	403	1	Portátil Pinguino PAC C100/DeLonghi	12000	**	0
4	1ª Vara Cível	410	1	Split / Ciclo Frio-Electrolux	48000	C	48000
4	MP Secretaria	407/ 408	1	Janela/ Air Master-Consul	18000	A	18000
4	MP Secretaria	407/ 408	1	Portátil Gree	8500	**	0
4	1ª Vara Cível Juiz Auxiliar	409	1	Janela / Silentia-Springer	21000	A	21000
Total 4º andar			7		158500		138000

Tabela C5: Aparelhos de ar condicionado quarto andar. Fonte: dados do TJ/SP.

** Não serão considerados por não fazerem parte da estrutura do prédio

Tabela C6 - Quinto Andar

And	Orgão	Sala	Número Ar Condicionado	Modelo/Marca	BTU/h	Procel / COP	Soma por Sala
5	4ª Vara Cível	501	1	Janela / Silentia-Springer	21000	A	21000
5	4ª Vara Cível Juiz Titular	502	1	Janela / Silentia-Springer	30000	B	30000
5	Promotoria Infância e Juventude	503	1	Janela/Elgin	18000	A	18000
5	Promotoria Infância e Juventude	510	1	Janela / Admiral-Springer	7500	E*	7500
5	3ª Vara Cível Juiz Titular	509	1	Janela / Silentia-Springer	30000	B	30000
5	Vara Infância e Juvent + WC Privat	506/507	1	Janela / Silentia-Springer	30000	B	30000
5	3ª Vara Cível Juiz Auxiliar	508	1	Janela / Silentia-Springer	21000	A	21000
Total 5º andar			7		157500		157500

Tabela C6: Aparelhos de ar condicionado quinto andar. Fonte: dados do TJ/SP

*Obs: Não encontrada a classificação, assumida como a pior possível (E).

Tabela C7 - Sexto Andar

And	Orgão	Sala	Número Ar Condicionados	Modelo/Marca	BTU/h	Procel/COP	Soma por Sala
6	Vestiário Fiscal	603	1	Janela / Silentia-Springer	30000	B	30000
6	Sala Lanches	608	1	Janela / Silentia-Springer	30000	B	30000
6	Zeladoria/Admin/Secretaria	604	1	Janela / Silentia-Springer	30000	B	30000
6	5ª Vara Cível Juiz Titular	606	1	Split / Trane	36000	B	36000
6	5ª Vara Cível Juiz Auxiliar	606	1	Split / Trane	36000	B	36000
Total 6º and			5		162000		162000

Tabela C7: Aparelhos de ar condicionado sexto andar. Fonte: dados do TJ/SP

TOTAL GERAL			38			932500 (BTU/h)
--------------------	--	--	-----------	--	--	---------------------------------

APÊNDICE D – MEMORIAL DE CÁLCULO DA CLASSIFICAÇÃO GERAL PROCEL-EDIFICA.

Cálculo da Pontuação Geral do PROCEL-Edifica para o edifício

$$PT = 0,30 * \{(EqNumEnv * (AC/AU)) + ((APT/AU) * 5 + (ANC/AU) * EqNumV)\} + 0,30 * (EqNumDPI) + 0,4 * \{(EqNumCA * (AC/AU)) + ((APT/AU) * 5 + (ANC/AU) * EqNumV)\} + b$$

Onde,

- AC (m²) é a área útil dos ambientes climatizados
- AU (m²) é a área útil total
- EqNumDPI (valor numérico) - equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;
- EqNumCA (valor numérico) - equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
- APT (m²) representa a área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados.
- ANC (m²) representa a área útil dos ambientes não climatizados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) pelo método da simulação.
- EqNumV (valor numérico) é o equivalente numérico de ambientes não climatizados e/ou ventilados naturalmente.
- b (valor numérico) representa a pontuação obtida pelas bonificações, que pode variar de zero a 1.

Valores dos Equivalentes Numéricos Gerais :

Condicionamento de AR: Classificação **B** → EqNumCA = 4

Iluminação (considerando Tribunais): Classificação **C** → EqNumDPI = 3

Errata → Envoltória → Classificação **D** → EqNumEnv = 2

Cálculo de Parâmetros da Fórmula por Pavimento:

AU= Área Útil (m²)

AC = Áreas Condicionadas de Permanência Prolongada (m²)

ANC= Áreas Não condicionadas de Permanência Prolongada (m²)

APT=Área Permanência Transitória(m²)

Desenhos: para efeito de cálculos de áreas por tipo, foi necessário se dividir os espaços conforme a sua utilização e tipo de climatização (artificial ou natural), conforme Figura 26. Esta divisão é mostrada nas Figuras D1 a D8.

Primeiro Andar



Figura D1: Planta do primeiro andar com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP.

AU= 468,06 m² (dado extraído de documento da Secretária da Justiça)

Área Elevadores= 39,22 m²

AC = 185,35 m²

ANC=66,19 m²

APT=177,30 m²

Segundo Andar

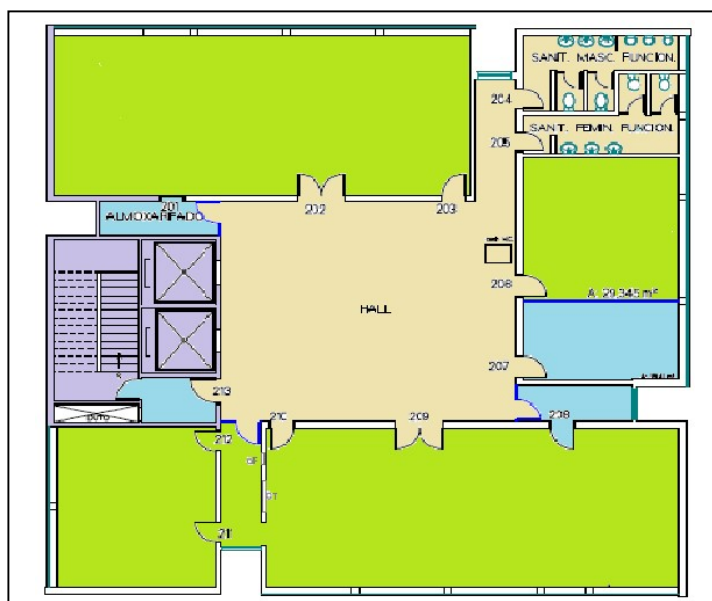


Figura D2: Planta do segundo andar com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP.

AU= 468,06 m² (dado extraído de documento da Secretária da Justiça)

AC = 238,45 m² ; ANC=21,86 m²; APT=186,53 m²

Terceiro Andar

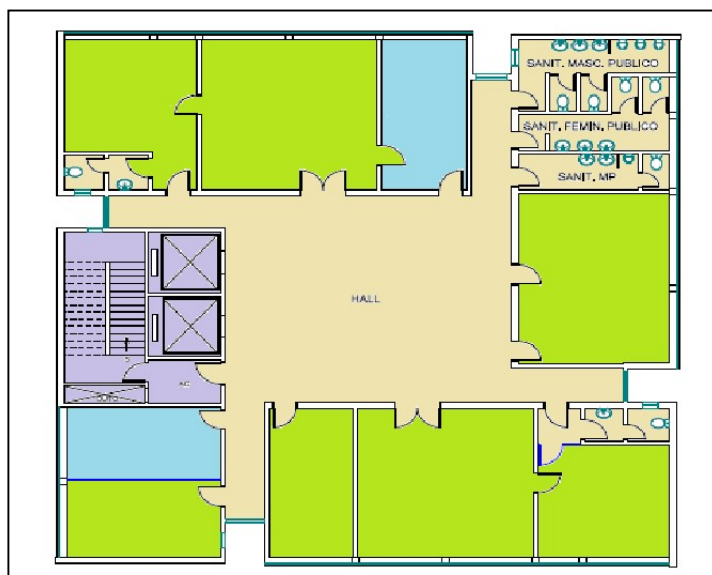


Figura D3: Planta do terceiro andar com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP

AU= 468,06 m² (dado extraído de documento da Secretária da Justiça)

AC = 195,35 m² ; ANC=35,16 m² ; APT=216,33 m²

Quarto Andar

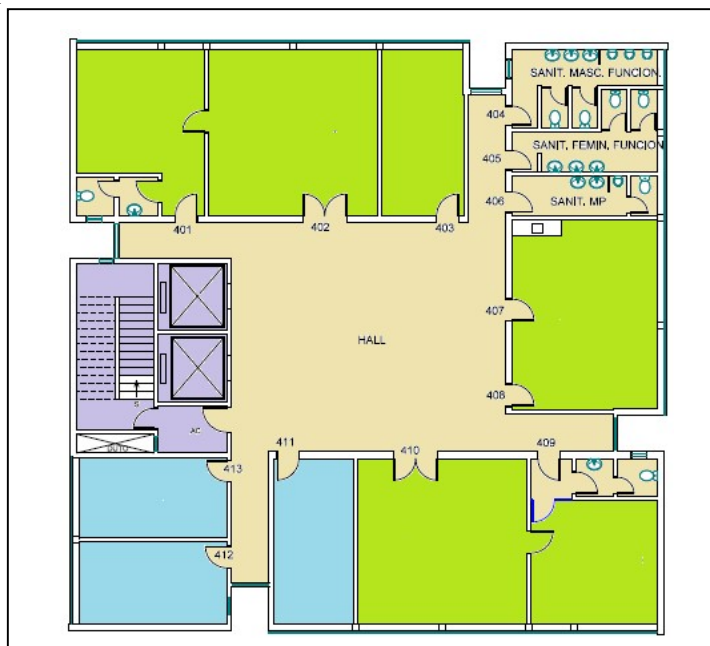


Figura D4: Planta do quarto andar com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP.

AU= 468,06 m² (dado extraído de documento da Secretária da Justiça)

AC =178,24 m² ; ANC=52,30 m² ; PT=198,30 m²

Quinto Andar

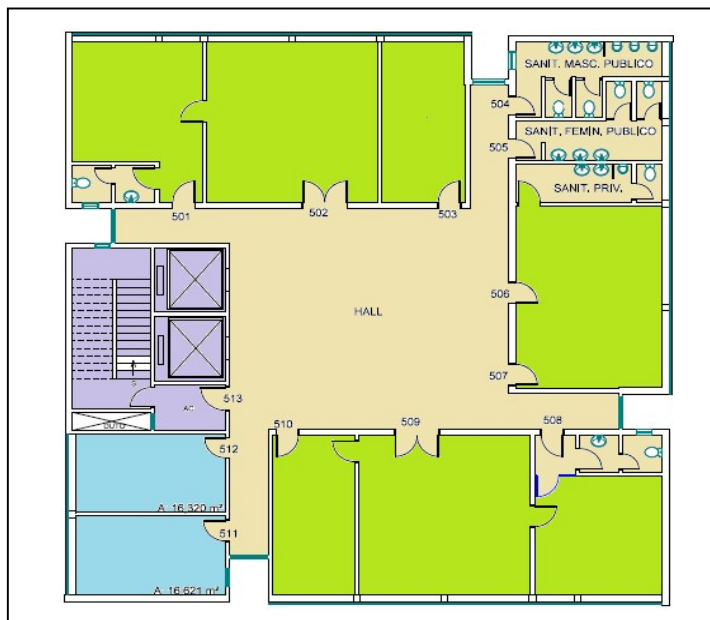


Figura D5: Planta do quinto andar com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP.

AU= 468,06 m² (dado extraído de documento da Secretária da Justiça)

AC = 196,76 m² ; ANC=32,94 m² ; APT=199,14 m²

Sexto Andar



Figura D6: Planta do sexto andar com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP.

$$AU = 468,06 \text{ m}^2 ; AC = 209,29 \text{ m}^2$$

$$ANC = 78,46 \text{ m}^2 ; APT = 141,09 \text{ m}^2$$

Térreo

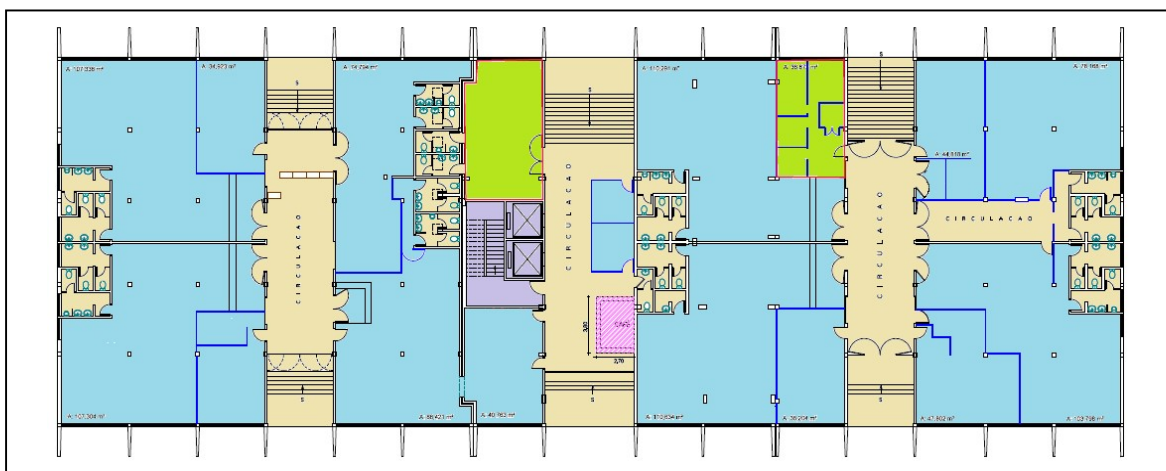


Figura D7: Planta térreo com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP.

$$AU = A_{\text{total}} - \text{espessura de } \frac{1}{2} \text{ paredes externas} - \text{vão elevadores}$$

$$AC = 85,27 \text{ m}^2 ; ANC = 1051,02 \text{ m}^2 ; APT = 688,46 \text{ m}^2$$

Subsolo

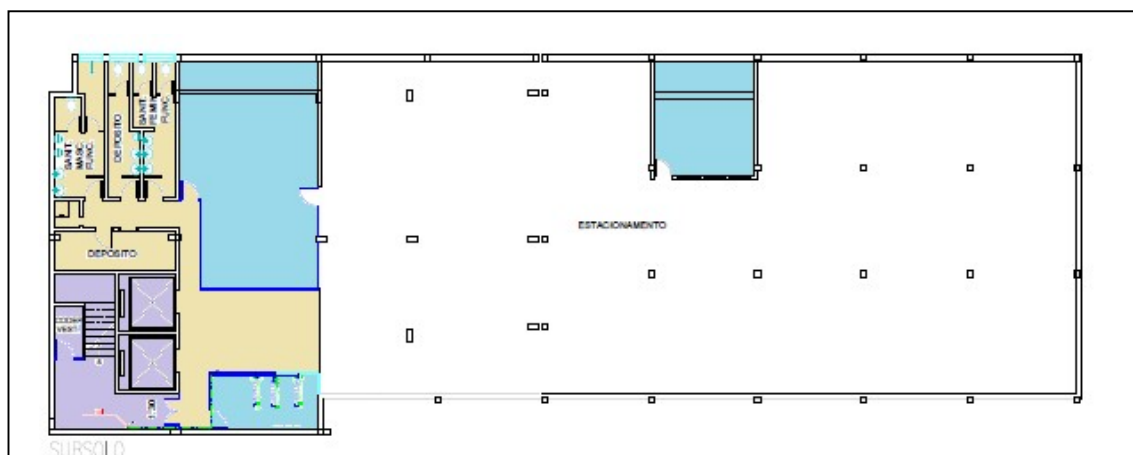


Figura D8: Planta subsolo com zonas térmicas marcadas. Fonte: autor, a partir de planta fornecida pelo TJ/SP.

Áreas de Garagens não entram, segundo RTQ-C (INMETRO, 2016).

Áreas de Permanências Transitória e Prolongada entram (INMETRO, 2016).

$$AU \text{ total} = 715,07 \text{ m}^2$$

AC = 0 (não há condicionamento de ar no subsolo)

ANC= sala manutenção + sala motoristas + refeitório

$$ANC=92,90 \text{ m}^2$$

APT= WC+Depósito+Circulação

$$APT=75,15 \text{ m}^2$$

Casa de Máquinas

Entra como Permanência Transitória (PROCEL,2015).

Poço do Elevador (não entra)

$$APT=38,78 \text{ m}^2$$

Cálculo Geral dos Parâmetros da Fórmula:

Torre (primeiro a sexto andares)

$$AC = 1203,44 \text{ m}^2$$

$$ANC=286,91 \text{ m}^2$$

$$APT= 1118,69 \text{ m}^2$$

Base (térreo e subsolo)

$$AC = 85,27 \text{ m}^2$$

$$ANC = 1143,92 \text{ m}^2$$

$$APT = 802,39 \text{ m}^2$$

Cálculo da Área Útil Total:

Torre:

$$AU = \text{Área do "Quadrado"} - \text{Área Reentrâncias} - \text{Vão elevadores} = 442,71 \text{ m}^2 / \text{andar}$$

$$AU(\text{torre}) = 2656,26 \text{ m}^2$$

Base:

$$\text{Térreo} \rightarrow AU(\text{Térreo}) = 24,55 \times (74,41 - (0,25 \times 2)) - 12,78$$

$$AU(\text{terreo}) = 1801,71 \text{ m}^2$$

Subsolo $\rightarrow AU(\text{subsolo}) = (\text{Área útil total} - \text{Garagens}) + \text{sala manutenção} - \text{vão das escadas}$

$$AU(\text{subsolo}) = (715,07 - 524,75) + 22,96 - 12,78 = 200,50 \text{ m}^2$$

$$AU(\text{Base}) = AU(\text{terreo}) + AU(\text{subsolo}) = 2002,21 \text{ m}^2$$

Prédio Completo

$$AU(\text{Total}) = AU(\text{Base}) + AU(\text{Torre})$$

$$AU(\text{Total}) = 4658,47 \text{ m}^2$$

Parâmetros do Edifício Completo (Torre e Base)

$$AC = 1288,71 \text{ m}^2$$

$$ANC = 1430,86 \text{ m}^2$$

$$APT = 1921,08 \text{ m}^2$$

$$AU = 4658,4 \text{ m}^2$$

$$EqNumEnv = 2$$

$$EqNumDPI = 3$$

$$EqNumCA = 4$$

$$EqNumV = 0$$

(Não considerando os ambientes não ventilados)

Aplicação da Fórmula para Cálculo da Pontuação Total do Prédio:

$$PT = 0,30 * \{(2 * (1288,71 / 4658,47)) + ((1921,08 / 4658,47) * 5) + ((1430,86 / 4658,47) * 0)\} + (0,30 * 3) + 0,4 * \{(4 * (1288,71 / 4658,47)) + ((1921,08 / 4658,47) * 5) + ((1430,86 / 4658,47) * 0)\}$$

$$PT = 0,7846 + 0,9 + 1,2673$$

$$PT = 2,951$$

Determinação da Classificação Procel-Edifica do Prédio

$$2,5 < 2,951 < 3,5 \rightarrow \text{Classificação PROCEL= Etiqueta ENCE } \underline{C}$$

Considerações sobre Ambientes Não Ventilados:

Avaliação – cálculos para o melhor e o pior caso, sendo os equivalentes numéricos:

Pior Caso \rightarrow Classificação E \rightarrow EqNumV = 1

Melhor Caso \rightarrow Classificação A \rightarrow EqNumV = 5

Pior Caso

$$PT = 0,30 * \{(2 * (1288,71 / 4658,47)) + ((1921,08 / 4658,47) * 5) + ((1430,86 / 4658,47) * 1)\} + (0,30 * 3) + 0,4 * \{(4 * (1288,71 / 4658,47)) + ((1921,08 / 4658,47) * 5) + ((1430,86 / 4658,47) * 1)\}$$

$$PT = 0,876705 + 0,9 + 1,390$$

$$PT = 3,16$$

Classificação – Etiqueta PROCEL-Edifica C

Melhor Caso

$$PT = 0,30 * \{(2 * (1288,71 / 4658,47)) + ((1921,08 / 4658,47) * 5) + ((1430,86 / 4658,47) * 5)\} + (0,30 * 3) + 0,4 * \{(4 * (1288,71 / 4658,47)) + ((1921,08 / 4658,47) * 5) + ((1430,86 / 4658,47) * 5)\}$$

$$PT = 1,245 + 0,9 + 1,882$$

$$PT = 4,027$$

Classificação – Etiqueta PROCEL-Edifica B

APÊNDICE E – MEMORIAL DE CÁLCULO DA MUDANÇA CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DAS SALAS PARA APROVEITAMENTO DA ILUMINAÇÃO NATURAL.

Para efeito de cálculo foi usada a sala do 1º Ofício Cível, no andar térreo.. A figura E1 apresenta o layout da sala, sem escala, onde são mostradas as luminárias utilizadas.

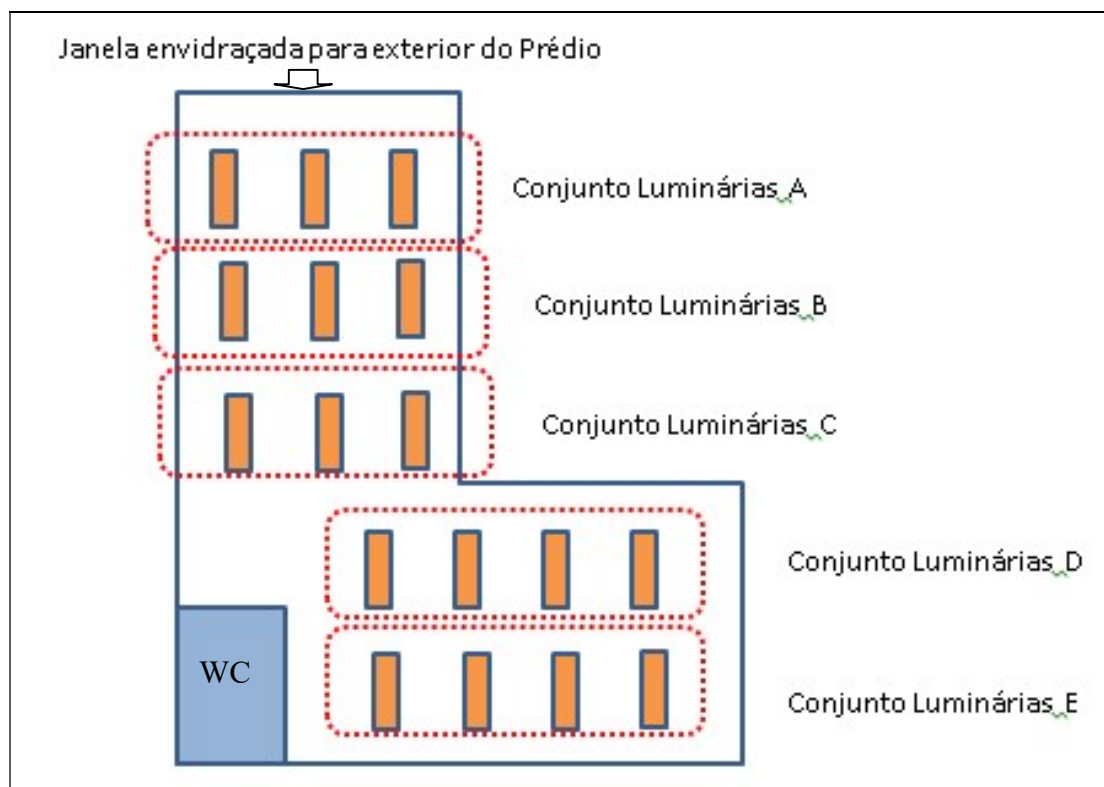


Figura E1: layout sem escala do 1º Ofício Cível. Fonte: autor baseado em plantas e informações extraídas no TJ/SP

Para a estimativa do consumo de energia, foram considerados os seguintes pressupostos:

- c) cada luminária é composta de 4 lâmpadas tubulares fluorescentes de 40W cada e no total de 17 luminárias (sem considerar o WC) (informação obtida no TJ/SP-Pinheiros);
- d) a Alternativa 1 corresponde ao circuito atual, em que um só circuito controla todas as lâmpadas. A Alternativa 2 corresponde a execução de melhoria em que cada conjunto de luminárias (A até E) tem circuito separado com acionamento liga/desliga independente.

Alternativa 1 : não existe separação de circuitos por conjunto de luminárias (situação atual), teríamos 68 lâmpadas de 40 W acesas 11h por dia, 5 dias por semana e 22 dias por mês (média).

Gasto energético total alternativa 1: $68 \times 11 \times 22 \times 40 = 658.240 \text{ Wh} = 658,24 \text{ kWh}$.

Alternativa 2: no caso da separação da iluminação, teríamos 44 lâmpadas acesas 11h e 24 lâmpadas acesas 7 h por dia.

Gasto energético luminárias C, D, E = $24 \times 7 \times 22 \times 40 = 147840 \text{ Wh} = 147,84 \text{ kWh}$

Gasto energético luminárias A,B = $44 \times 11 \times 22 \times 40 = 425920 \text{ Wh} = 425,92 \text{ kWh}$

Gasto energético total alternativa 2 = 573,76 kWh

Economia da Alternativa 2 em relação a Alternativa 1 = 84,48 kWh → **12,83 %**

Não foram considerados ambientes de permanência temporária (halls, banheiros, escadas), que poderiam ter outro tipo de controle (por sensores de presença, por exemplo)