

ETIQUETAGEM E ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO DA UNICAMP: PRÉDIO DE SALAS DE AULA

Palavras-Chave: Eficiência Energética, Etiquetagem, PBE-Edifica

Autores/as:

ANA CAROLLINA LEARDI FELIPPE [UNICAMP]
Profa. Dra. LUCILA C. LABAKI (orientadora) [UNICAMP]
MSc. ELISABETI BARBOSA (orientadora) [UNICAMP]
Profa. Dra. ADRIANA PETITO DE A. S. CASTRO (orientadora) [UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

O estudo tem como objetivo propor a classificação de desempenho termo energético do edifício da FEC (Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) na UNICAMP, aplicando a metodologia PROCEL para Etiquetagem de Edifícios (RTQ-C – Regulamento Técnico de Qualidade de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos). Além disso, foram estudadas propostas de soluções que aumentem a flexibilidade das edificações e facilitem reformas e modernizações, para atingir um melhor desempenho energético.

A eficiência energética e o conforto ambiental foram analisados por meio da etiqueta de eficiência dos edifícios, que pode ser fornecida pelo INMETRO, nomeada como Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Assim, seguindo as condições estabelecidas pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (2010) e o Manual para Aplicação do RTQ-C (2017), que detalha e exemplifica as condições estabelecidas no RTQ-C. No estudo foi utilizado o Método Prescritivo que avalia as edificações por meio de equações e tabelas.

Com o estudo já em andamento, nessa etapa foram utilizados dados já coletados anteriormente e novos dados foram coletados, relacionados a materiais e componentes da envoltória, ar-condicionado e iluminação dos edifícios da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) (Figura 1), com isso, montando uma base de dados mais precisa sobre o edifício e podendo comparar e analisar resultados de propostas feitas de acordo com a primeira análise.



Figura 1- Vista da fachada oeste e sul. Fonte: FEC / Unicamp

METODOLOGIA:

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida foi o bloco de salas de aula da FEC, no qual a representação da área de cobertura está na Figura 2 e sua imagem em satélite na Figura 3, ressalta-se que há pequenas diferenças entre os pavimentos.

ANÁLISE DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Para a análise do sistema de iluminação foi utilizado o método das atividades, conforme definido no manual do RTQ-C (2017); para tanto, foi feita a análise da densidade de potência instalada (DPI) do sistema de iluminação do conjunto de ambientes de cada atividade e comparado com os limites de cada nível, estabelecido pelo manual, definindo, assim, a etiqueta de cada atividade.

A densidade de potência instalada (DPI) é calculada pela soma da potência instalada para cada atividade dividida pela área analisada. Já a DPI limite de cada etiqueta é calculada pela multiplicação entre a área da atividade e o índice limite definido pelo RTQ-C (2010).

Foi utilizado o software AutoCAD como ferramenta para obtenção das áreas. Para os dados de iluminação foi feita uma vista no local (no ano de 2018, fase inicial do projeto), onde foram coletadas as quantidades de lâmpadas e as potências de cada ambiente; porém, em 2020 todas as lâmpadas do edifício foram trocadas por LED. Dessa forma, foram usados os novos dados de potência.

Com isso, foi possível aplicar a metodologia para cada atividade, realizar a soma de todas as potências e de todos os limites, com o propósito de propor a classificação energética do sistema de iluminação, obtendo-se os resultados exibidos na Tabela 1.

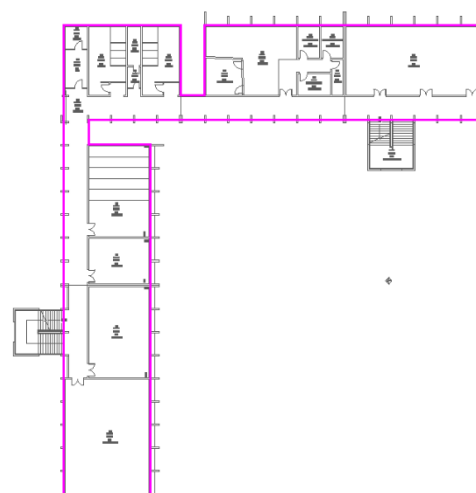


Figura 2 - Planta do Piso 1 da FEC. Fonte: Autoria própria



Figura 3 - Imagem de satélite do edifício. Fonte: Google Maps modificado

Potência total					
Atividade	Potência	Nível	Atividade	Potência	Nível
Banheiro	1296	B	Refeitório	108	A
Circulação	2808	A	Sala de aula	14400	A
Depósito	976	D	Auditório	1188	A
Laboratório	774	A	Total	21550	A

Tabela 1 - Potência instalada e classificação para cada atividade -Fonte: Autoria própria

ANÁLISE DO SISTEMA DE AR-CONDICIONADO

Para obter a etiqueta de ar-condicionado foi necessário saber o nível de eficiência de cada aparelho. Há duas formas de coletar esses dados: a primeira é quando o equipamento já tem eficiência avaliada pelo PBE/INMETRO, a qual pode ser vista no próprio aparelho ou na tabela de consumo/eficiência energética fornecida pelo site do INMETRO, válido para aparelhos tipo janela e split. Já a outra forma é quando não se tem a etiqueta do INMETRO e deve-se seguir as orientações do manual do RTQ-C (2017).

No estudo da FEC, primeiramente foram coletados os dados de quantidade, tipo de sistema (split, janela etc.), capacidade em BTUs e o número de IP dos aparelhos de cada ambiente. Alguns equipamentos tinham a etiqueta no próprio aparelho, enquanto outros a etiqueta foi obtida pela tabela do INMETRO. Entretanto, alguns aparelhos não possuíam informações suficientes para essa análise, tendo sido adotada a etiqueta mínima (Nível E).

Com as informações de capacidade e etiqueta de cada aparelho, foi calculado um coeficiente de ponderação e em seguida todos os níveis de eficiência foram convertidos para seu equivalente numérico (Eqnum), seguindo as orientações do manual RTQ-C (2017).

Por fim, foi realizado o produto entre Eqnum de cada aparelho e o coeficiente de ponderação do mesmo, sendo feita a soma para se obter um equivalente numérico do nível de eficiência de todo o edifício. Este Eqnum foi de 3,59, que corresponde a etiqueta B, conforme o RTQ-C (2017). Os pré-requisitos desse sistema só são aplicados quando se obtém a etiqueta A, portanto, não foram analisados.

ANÁLISE DA ENVOLTÓRIA

Para classificar a eficiência do edifício no quesito envoltória, é necessário calcular o Índice de Consumo da envoltória (ICenv), que é composto pelos seguintes parâmetros: fator altura (FA), fator de forma (FF), percentual de abertura na fachada (PAF), área de projeção da edificação, área total de piso, área da envoltória (m²), fator solar (FS), ângulo vertical de sombreamento (AVS), ângulo horizontal de sombreamento (AHS) e volume total da edificação.

Para obter os parâmetros supracitados foi feita a coleta dos dados de área da projeção horizontal da cobertura, área da projeção do edifício, área da envoltória, área útil, área total construída, volume total da edificação, área de abertura de cada fachada, área de cada fachada e ângulos de sombreamento.

Na sequência, todos os parâmetros foram calculados seguindo as instruções do Manual do RTQ-C (2017), sendo possível determinar a equação correta a ser utilizada no cálculo do ICenv para comparar com o intervalo de IC correspondente a cada etiqueta. Esse intervalo é específico para cada edifício em função das suas características geométricas; portanto, montou-se uma tabela com os intervalos correspondentes a cada etiqueta seguindo o manual, como mostra a Tabela 2. Com isso foi possível propor a classificação da envoltória, tendo sido obtido o índice de consumo de 137,90, e, por conseguinte, nível A de eficiência energética, conforme prescrito no RTQ-C (2011).

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	139,47	146,15	152,82	159,49
Lim Máx	139,46	146,14	152,81	159,48	-

Tabela 2 - Limite de ICenv para cada nível. Fonte: Autoria própria

PRÉ-REQUISITOS

É necessário aplicar os pré-requisitos estipulados pelo RTQ-C (2010) para cada quesito (iluminação, ar-condicionado e envoltória), além dos pré-requisitos gerais. Na parte de iluminação os pré-requisitos são determinados de acordo com a Tabela 3, com isso a etiqueta máxima de iluminação é nível C, pois não atende ao pré-requisito de contribuição da luz natural e de desligamento automático do sistema de iluminação. Já para o sistema de ar-condicionado os pré-requisitos desse sistema só são aplicados quando se obtém a etiqueta A, portanto não foram analisados.

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da luz natural	Sim	Sim	
Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		

Tabela 3 - Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência. Fonte: Manual do RTQ-C

No quesito envoltória, é necessário fazer a análise dos pré-requisitos de transmitância térmica, iluminação zenital e absorvância de superfícies. O primeiro limitou o edifício a etiqueta nível C; em relação ao pré-requisito de iluminação zenital, este não é aplicável, pois não há aberturas zenitais. A absorvância depende da cor da superfície analisada; assim, o índice da cobertura foi inferior ao máximo permitido pelo nível A e o das paredes foi superior, limitando a classificação ao nível B.

Em relação aos pré-requisitos gerais, o primeiro é designado aos circuitos elétricos, onde para o nível A e B o edifício deve ter circuito elétrico separado por uso final ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final; porém, como o edifício foi construído antes de 2009, este pré-requisito não se aplica. O outro pré-requisito está relacionado ao aquecimento de água; porém como a FEC também não se enquadra nesse cenário, este pré-requisito também não é aplicável. Assim, não é necessário verificar os pré-requisitos gerais para o edifício em questão, pois não haverá interferência na classificação de sua eficiência.

ETIQUETA GERAL

Para finalizar a análise da eficiência energética da FEC é necessário aplicar a fórmula do método prescritivo do RTQ-C (Eq. 1), a qual usa os equivalentes numéricos de cada etiqueta parcial. Nela, há a opção de bonificação do edifício, que acrescenta até um ponto na pontuação total. No caso da FEC, as placas fotovoltaicas instaladas na cobertura representam economia de no mínimo 10%, tendo sido consideradas como bonificação.

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

(Eq. 1)

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Após a realização de todos os cálculos, foram propostas as etiquetas iniciais (sem aplicação dos pré-requisitos) e as etiquetas finais (com a verificação dos pré-requisitos), como mostra a Tabela 4. A etiqueta final geral foi gerada considerando a situação final e obteve o equivalente numérico de 3,7, correspondendo a classificação nível B, como se observa na Tabela 5.

Sistema	Nível Energético	
	Nível Inicial	Nível Final
Envoltória	A	C
Iluminação	A	C
Ar condicionado	B	B
Geral	-	B

Tabela 4 - Etiquetas. Fonte: Autoria Própria

EqNumEnv	3	AC (m ²)	1370,42
EqNumDPI	3	AU (m ²)	3298,16
EqNumCA	4	APT (m ²)	695,88
b	1	PT	3,7

Tabela 5 - Dados para o cálculo da classificação geral. Fonte: Autoria própria

Diante dos resultados, pode-se notar que a FEC tem um bom nível de eficiência energética, porém há algumas medidas que podem ser tomadas para melhorar ainda mais. No sistema de iluminação os pré-requisitos limitaram a etiqueta no nível C, portanto, poder-se-ia implantar um novo sistema de iluminação aproveitando melhor a luz natural, sendo essa uma solução difícil de executar. Além disso, a implantação de um sistema de desligamento de luz automático, quando não há ninguém utilizando o ambiente, pode contribuir para melhorar a eficiência. Essa intervenção não seria tão difícil de se implementar, considerando o custo/benefício.

Em relação ao sistema de ar-condicionado, a substituição de aparelhos antigos por novos, com classificações de níveis superiores, poderia contribuir na melhoria da etiqueta; com isso, também é importante ter um isolamento térmico adequado para a tubulação de fluidos (pré-requisito para nível A).

No quesito envoltória, percebe-se que a etiqueta foi rebaixada pelo não atendimento do pré-requisito de transmitância térmica; portanto, seria necessário trocar o tipo de cobertura para aumentar a eficiência. Esta é uma opção um pouco difícil de implementar, devido a grandes alterações no edifício como um todo.

CONCLUSÕES:

Diante do exposto, foi possível observar, nitidamente, como cada elemento do edifício pode influenciar em sua eficiência energética. Para uma contribuição sustentável para o planeta, a partir das sugestões analisadas nos resultados, pode-se notar que algumas alterações são difíceis ou inviáveis de serem executadas para melhorar a eficiência energética do edifício, ressaltando, assim, a importância de ter a sustentabilidade em mente no momento de projetar e de escolher materiais adequados para o edifício.

REFERÊNCIAS:

- GOOGLE MAPS. **Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - Unicamp. Satélite. 2020b.** Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-22.8165469,-47.0620718,172m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 28 de Dez de 2020.
- INMETRO. Instituto Nacional De Metrologia, Qualidade E Tecnologia Programa Brasileiro De Etiquetagem - PBE Tipo de Equipamento: Condicionadores de Ar. **Tabelas de consumo/eficiência energética.** Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp> Acesso em: 15 de Nov de 2020.
- PROCEL EDIFICA, Eletrobrás, INMETRO e Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. **Manual para Aplicação do RTQ-C.** Versão 4 com base na Portaria n.º 372 e complementares n.º 17,299 e 126, 2017.