

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS: MÉTODOS RTQ-C E INI-C

ENERGY EFFICIENCY OF HISTORIC BUILDING ENVELOPES: RTQ-C AND INI-C METHODS

 Bruna Perovano Sirtuli ¹

 Rosany Hellen Matos de Paiva Dias ²

 Edna Aparecida Nico Rodrigues ³

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil, brunapsirtuli@gmail.com

² Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil, rosanydepaiva@gmail.com

³ Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil, edna.rodrigues@ufes.br

Resumo

A eficiência energética tem se tornado cada vez mais um assunto discutido na sociedade e na comunidade científica. No entanto, os estudos que relacionam esse tema às edificações históricas ainda são poucos, se comparados aos edifícios contemporâneos. Contudo, o potencial de redução no consumo de energia para prédios históricos é considerável, e pode auxiliar nas metas de eficiência energética globais. Essa pesquisa teve como objetivo identificar as principais deficiências do RTQ-C (2010) e as modificações do texto proposto INI-C (2018) referentes à etiquetagem da envoltória de edifício, e avaliar o nível de eficiência de um edifício histórico pelo método prescritivo do RTQ-C e pelo de simulação proposto na INI-C. Para tanto, a metodologia foi realizada em cinco etapas: Levantamento de dados técnicos; Etiquetagem da envoltória pelo RTQ-C; Modelagem e simulação; Calibração; Etiquetagem da envoltória pela INI-C. Os resultados demonstraram que o método prescritivo do RTQ-C possui limitações, pois não possibilita a caracterização de dados fundamentais da edificação, como a orientação solar. Já o método de simulação da INI-C apresentou melhorias em relação ao anterior, como a retirada de pré-requisitos existentes no RTQ-C que geravam uma tendência na etiquetagem. No entanto, não se demonstrou ideal para a avaliação de edificações históricas pois os métodos construtivos propostos para o modelo de referência, o qual baseia a avaliação, estão distantes da realidade dos edifícios históricos.

Palavras-chave: eficiência energética, edificações históricas, RTQ-C. INI-C.

Abstract

Energy efficiency has become an increasingly discussed topic in society and the scientific community. However, the studies that relate this theme to historic buildings are still few compared to contemporary buildings. However, the potential for reducing energy consumption for historic buildings is considerable and can assist in global energy efficiency goals. This research aimed to identify the main deficiencies of the RTQ-C (2010) and the modifications of the proposed text INI-C (2018) related to the labelling of the building envelope and to evaluate the efficiency level of a historic building by the prescriptive method of RTQ-C and the simulation model proposed in INI-C. To this end, the methodology was carried out in five stages: Survey of technical data; Labeling of the envelope by RTQ-C; Modeling and simulation; Calibration; Labeling of the envelope by INI-C. The results showed that the prescriptive method of RTQ-C has limitations, as it does not allow the characterization of fundamental building data, such as solar orientation. The INI-C simulation method showed improvements over the previous one, such as removing existing prerequisites in RTQ-C that generated a trend in labelling. However, it has not proved to be ideal for evaluating historic buildings because the construction methods proposed for the reference model, which bases the assessment, are far from the reality of historic buildings.

Keywords: energy efficiency, historic buildings, RTQ-C. INI-C.

Contribuição dos autores:

BPS: conceituação, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **RHMPD:** investigação, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição. **EANR:** conceituação, investigação, metodologia, administração de projetos, supervisão, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição.

Fomento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo.

Declaração de conflito: nada foi declarado

Editor Responsável:

Vanessa Gomes da Silva 

How to cite this article:

SIRTULI, B. P.; DIAS, R. H. M. de P.; RODRIGUES, E. A. N. Eficiência energética da envoltória de edifícios históricos: métodos RTQ-C e INI-C. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 13, p. 022007, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v13i00.8660644>



Introdução

Após a década de 1970, a crise do petróleo fomentou, a nível mundial, a discussão sobre a finitude dos recursos naturais e a importância de sua preservação. Entretanto, fatores como o crescimento econômico dos países desenvolvidos, diretamente ligado ao consumo de energia, e o crescimento exponencial da população mundial levaram a adoção de estratégias para a diminuição do consumo dos recursos, como a promoção da eficiência energética das edificações.

No que se refere ao Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) iniciou em 1984, discussões para a criação de programas de avaliação de eficiência energética. Nesse contexto, posteriormente foi desenvolvido o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), contendo os requisitos necessários para a classificação do nível de eficiência energética destas tipologias de edificações (PBE EDIFICA, 2017).

Carlo e Lamberts (2010) destacam que desde o lançamento do RTQ-C constataram lacunas no método prescritivo que sintetizam o processo de etiquetagem, como pré-requisitos limitadores que podem gerar variações de níveis altos para os de baixa eficiência (VIEIRA, 2019). A volumetria do edifício é restrita as geometrias mais simples, em decorrência das equações de Fator de Forma estarem baseadas em tipologias comerciais, públicas e de serviços mais comumente utilizadas no Brasil (CARLO; LAMBERTS, 2010). O regulamento apresenta diretrizes em que valores menores de Fator de Forma classifica os edifícios como mais eficientes, influenciando assim, o modo de projetar (GALAFASSI; PEREIRA, 2013).

Outro parâmetro relevante, mas que não é determinante do desempenho energético é a orientação das fachadas (CARLO; LAMBERTS, 2010). O RTQ-C desconsidera a orientação dos elementos de sombreamento resultando em ganhos térmicos que classificam o edifício de forma insatisfatória (GALAFASSI; PEREIRA, 2013). Como também não possui diretrizes que diferenciem a orientação para as áreas envidraçadas. Essas duas variáveis podem ser favoráveis ou não dependendo das condições climáticas da região, entretanto, o regulamento apenas conclui que o percentual de abertura (PAF) é inversamente proporcional ao nível de eficiência (FOSSATI; LAMBERTS, 2010).

Outra diretriz mencionada no método prescritivo do RTQ-C, está relacionada as aberturas zenitais, em que o regulamento não relaciona as mesmas com horas de exposição ao sol e os vidros de alto desempenho não são contemplados corretamente, como também a utilização da ventilação natural (CARLO; LAMBERTS, 2010; FOSSATI; LAMBERTS, 2010; GALAFASSI; PEREIRA, 2013).

Em decorrência das limitações observadas no RTQ-C, e objetivando equiparar com as regulamentações internacionais consideradas mais eficientes, foi desenvolvida uma proposta para o método de avaliação para etiquetagem. A Instrução Normativa Inmetro para a classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), considera o dispêndio energético, com base no consumo de energia primária, e seus respectivos fatores de conversão e de emissão de dióxido de carbono (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2018).

O método prescritivo do RTQ-C avalia características da edificação por meio de equações, determinado o Indicador de Consumo da Envoltória, aliado aos pré-requisitos gerais. O método de simulação da INI-C compara o desempenho energético da edificação real com a edificação modelo de referência utilizando simulações (LABEEE, 2020).

Considerando a dada importância do desempenho energético no setor de edificações, destacam-se as edificações históricas, visto que, muitas destas edificações não são passíveis de substituição ou de demolição. Adicionalmente, deve-se considerar a necessidade de inserção na pauta da preservação arquitetônica, as políticas ambientais e de energia, de forma a complementar as ações para a redução do consumo energético. Ademais, constatou-se na tabela do Programa Brasileiro de Etiquetagem referente às edificações comerciais, de serviço e públicas etiquetadas até dezembro de 2019, somente edificações com tipologias contemporâneas, não havendo edificações históricas (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2019).

A partir do exposto, esta pesquisa objetivou identificar as principais lacunas do RTQ-C (2010) e as modificações do texto proposto para a INI-C (2018) referentes à etiquetagem da envoltória de edifícios históricos. Salienta-se que por possuir poucas pesquisas relacionadas, a criação da INI-C configura-se como uma das justificativas da pesquisa, pois evidencia que a etiquetagem brasileira passa por um processo de aprimoramento.

O objeto de estudo foi a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Maria Ortiz, edificação histórica, localizada no Centro Histórico da cidade de Vitória-ES. Sua construção originou-se da doação de terrenos em 1872 e 1873 pelo comendador José da Silva Cabral, para a construção de um liceu, o Ateneu Provincial, inaugurado em 1892 (ESPÍRITO SANTO, 1992).

Em 1908, no governo de Jerônimo Monteiro, passou por reforma, adquirindo nova roupagem eclética. Em 1912, sofreu nova reforma, tendo sido ampliada, com o prolongamento de duas alas ao prédio original. A partir de então, sua estrutura externa não foi mais modificada. Em 1983, recebeu tombamento estadual pelo Conselho Estadual de Cultura - CEC. Nos anos de 1994 e 1998 passou por novas reformas, sofrendo alterações internas, e mantendo-se até os dias atuais com o uso escolar (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Método

Os procedimentos metodológicos foram estruturados em cinco etapas: 1ª) Levantamento de dados técnicos; 2ª) Etiquetagem da envoltória pelo RTQ-C; 3ª) Modelagem e simulação; 4ª) Calibração; 5ª) Etiquetagem da envoltória pela INI-C.

Levantamento de dados técnicos

A edificação foi definida considerando a relação de bens tombados da cidade de Vitória-ES nas esferas municipal, estadual e federal, tendo assim seu valor histórico reconhecido legalmente. Outros critérios foram considerados, como: uso contínuo, para caracterização e levantamento do consumo de energia e ser aberta à visitação.

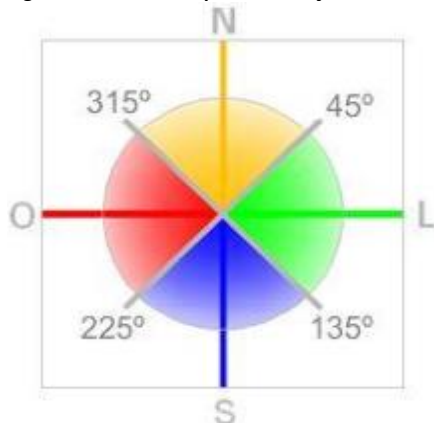
O levantamento técnico da edificação englobou dados referentes à história, métodos construtivos, projetos, informações de ocupação e operação do edifício e as faturas de energia, referentes aos doze meses do ano de 2018. Para a coleta de dados históricos foram utilizados sites e documentos da internet, livros e informações disponíveis e expostas no edifício, recolhidas durante as visitas.

Para a realização das visitas, fez necessário autorização específica para acesso a alguns ambientes e aos projetos. Os dados de uso e operação do edifício foram constatados in loco, por meio de observação técnica, e conversas com os funcionários. Adicionalmente foram feitos registros fotográficos.

Para a avaliação da edificação quanto à eficiência energética foram consideradas as informações obtidas da envoltória, que correspondeu a cobertura, as aberturas e as

vedações verticais, os tipos de esquadrias, o percentual de área envidraçada, entre outros, possibilitando calcular o percentual de abertura da fachada (PAF). Para a orientação geográfica das fachadas, foi adotado o método proposto no Manual para Aplicação do RTQ-C (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2016), que visa simplificar as orientações em quatro: de 0° a 45° e de $315,1^{\circ}$ a 360° considera-se a orientação geográfica Norte; de $45,1^{\circ}$ a 135° considera-se a orientação Leste; de $135,1^{\circ}$ a 225° utiliza-se a orientação Sul e de $225,1^{\circ}$ a 315° considera-se Oeste (Figura 1).

Figura 1 - Quadrantes para a definição da orientação das fachadas



Fonte: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2016).

Para caracterização física do edifício efetuou-se o levantamento de dados construtivos da edificação, que incluiu: as características da cobertura, os tipos e espessuras de paredes internas (paredes para divisão de ambientes) e externas (paredes da envoltória), bem como seus acabamentos, o sistema estrutural, os tipos de forro e pisos, e as possíveis presenças de isolamentos nas paredes ou coberturas. Foram analisadas a existência ou não de sistemas construtivos mistos nos anexos ou acréscimos ocorridos, com materiais diferentes dos originais. A edificação selecionada possui forma regular, formada pela junção de dois prismas (Figura 2). É uma construção monolítica, de dois pavimentos do lado da entrada principal (Fachada Leste) e três pavimentos na Fachada Oeste.

Figura 2 – Fachada Principal (Leste) da “EEEFM Maria Ortiz” (esquerda) e vista superior da Escola Maria Ortiz (direita)

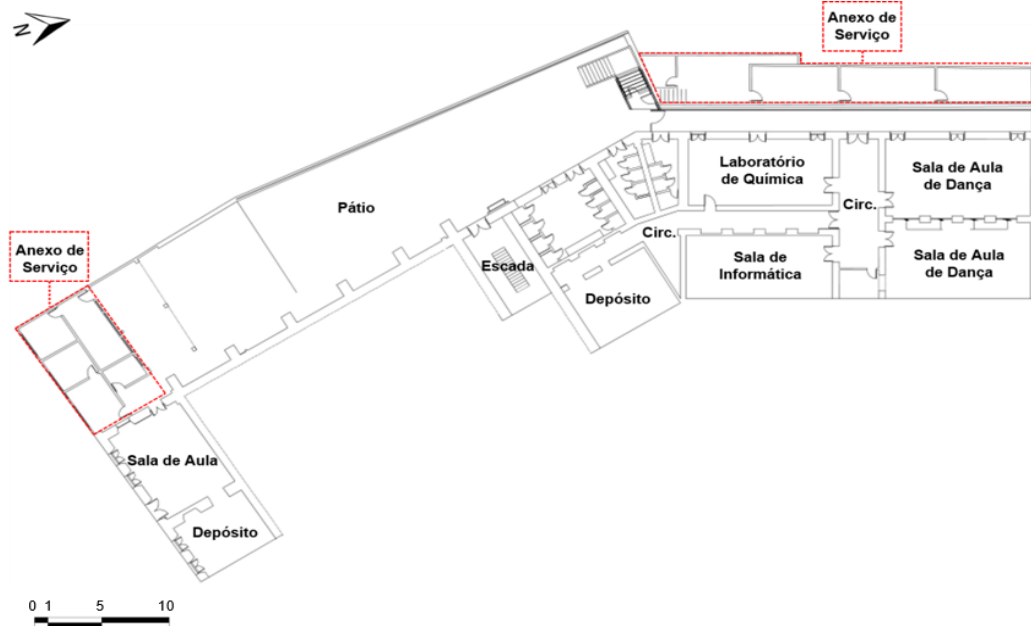


Fonte: Espírito Santo (2009) (esquerda) e adaptado de Google Maps a partir de registro em 2019 (direita).

Considerando a data de construção, o sistema construtivo é em alvenaria portante de tijolos maciços, com paredes externas que variam de 30cm no 1º pavimento e de 77cm no pavimento térreo. As fachadas possuem janelas que favorecem a ventilação cruzada.

Possui um pátio externo, no qual foram construídos anexos com ambientes de serviço. O edifício conta com subsolo, que se acessa pelo pátio (Figura 3).

Figura 3 – Subsolo da Escola Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes

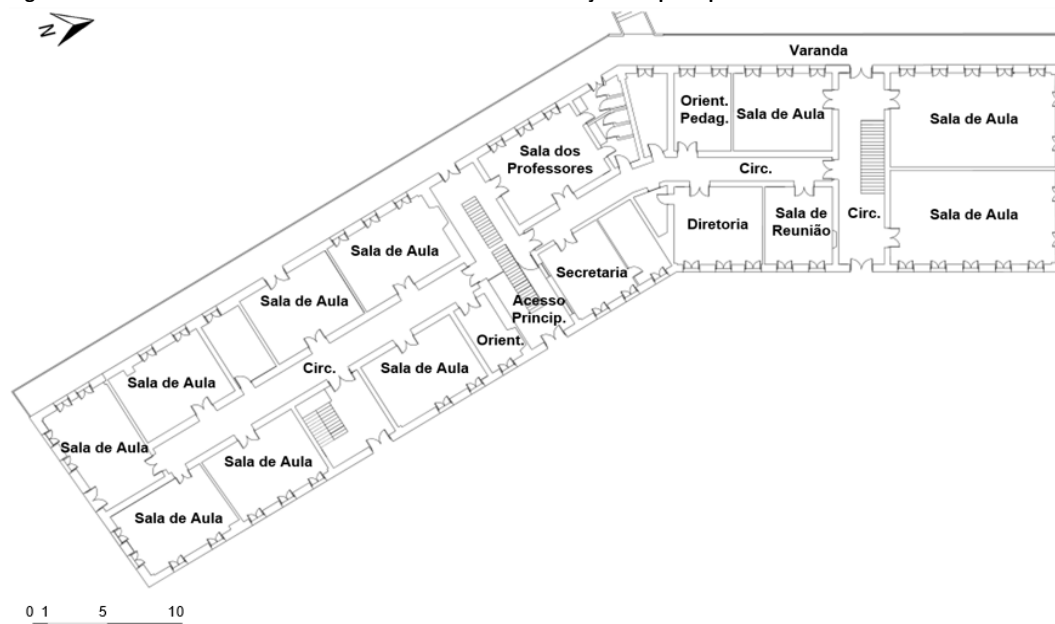


Fonte: adaptado de ESPÍRITO SANTO (2019).

No pavimento térreo estão distribuídas as funções administrativas da escola e salas de aulas, como também a entrada principal do edifício (Figura 4). No 1º pavimento localizam-se salas de aula, auditório e biblioteca. Ambos os pavimentos possuem varandas com guarda-corpo (Figura 5).

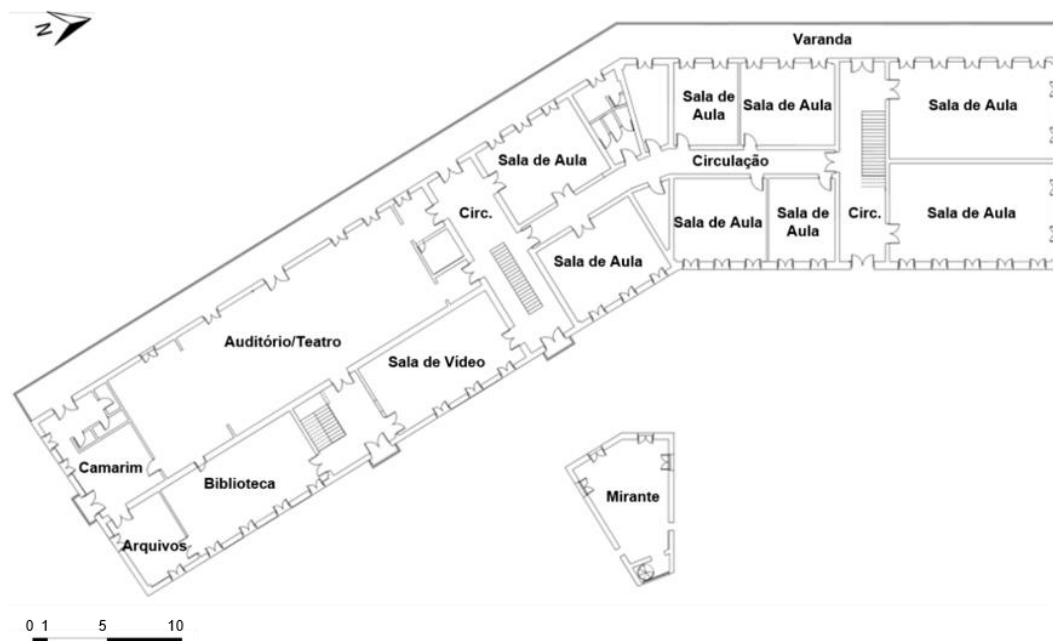
Os entrepisos da edificação são estruturados em barrotes de madeira, assim como a maior parte do piso, exceto o do subsolo e das varandas que é cerâmico sobre laje de concreto. A cobertura é estruturada em madeira e telhas cerâmicas.

Figura 4 – Pavimento térreo da Escolar Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de ESPÍRITO SANTO (2019).

Figura 5 – 1º pavimento e Mirante da Escola Maria Ortiz com identificação dos principais ambientes



Fonte: adaptado de ESPÍRITO SANTO (2019).

Propriedades térmicas dos métodos e materiais construtivos

Constatou-se que, os parâmetros para etiquetagem de eficiência energética da envoltória, abordados no RTQ-C e na INI-C, são: a absorvância das paredes e da cobertura (α), o fator solar (FS), a transmitância das paredes e da cobertura (U) e a capacidade térmica das paredes (J/m^2K).

A absorvância (α) solar está associada diretamente a cor da superfície e apesar dessa simplificação ser entendida como não confiável por alguns autores, devido à subjetividade da percepção das cores, é aceita por normativas nacionais e internacionais como a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE, 2014) e a NBR 15220:3 (ABNT, 2005). A relação da absorvância com as cores foi adotada na pesquisa, e seus valores obtidos com o uso da tabela de absorvância solar das superfícies opacas, presente no Catálogo de Propriedades Térmicas, que apresenta valores variando de forma crescente à medida que as cores escurecem (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013).

O fator solar (FS) foi considerado de acordo com as características encontradas nos vidros das esquadrias do edifício e os valores basearam-se na listagem de vidros presente no Catálogo de Propriedades Térmicas (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013). A transmitância térmica das paredes e coberturas (U), assim como a capacidade térmica das paredes (J/m^2K) foram calculadas de acordo com o método proposto na NBR 15220:2 (ABNT, 2005), pois se tratavam de materiais e espessuras específicas. É possível encontrar composições de métodos construtivos no Catálogo de Propriedades Térmicas e em outras bibliografias, no entanto, para casos de técnicas históricas, foi necessário fazer os cálculos específicos para o tipo de matéria e as espessuras encontradas no edifício. Para a realização dos cálculos foram utilizadas as propriedades dos materiais de acordo com a Tabela 1, elaborada a partir da NBR 15220:2 (ABNT, 2005).

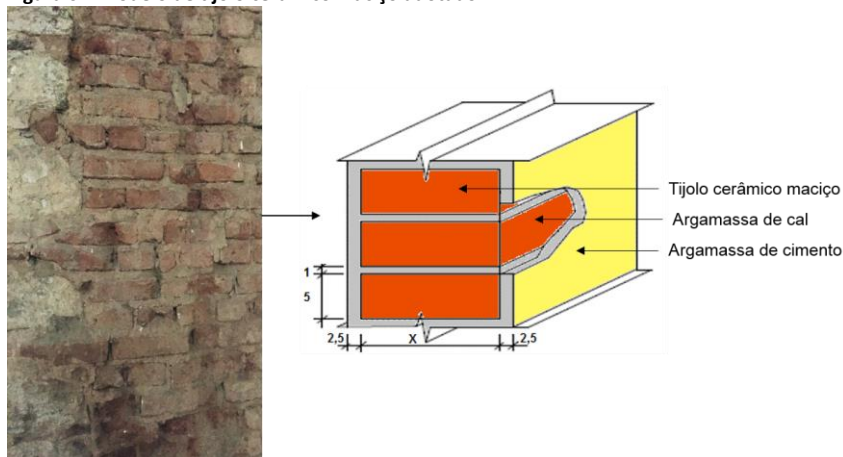
Tabela 1 – Propriedades térmicas dos materiais presentes nas paredes e coberturas

Materiais presentes nas paredes			
Material	Propriedades		
	Condutividade (W/m.°C)	Densidade (Kg/m ³)	Calor Específico (Kj/KgK)
Argamassa de cal	0,7	1200	0,84
Argamassa de cimento	1,15	2000	1
Tijolo cerâmico	0,9	1300	0,92
Materiais presentes nas coberturas			
Material	Propriedades		
	Condutividade (W/m.°C)	Densidade (Kg/m ³)	Calor Específico (Kj/KgK)
Telha de barro	0,7	1000	0,92
Madeira	0,29	800	1,34
Concreto (laje)	1,75	2200	1

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005).

As paredes do edifício são compostas de tijolos cerâmicos maciços com 5cm de espessura (Figura 6). Os resultados dos cálculos, as espessuras de paredes de tijolo cerâmico maciço encontradas, que variam de 30 até 77 cm, assim como as demais características referentes à edificação, encontram-se no Quadro 1. É importante ressaltar que há paredes de blocos cerâmicos furados na edificação, adicionadas nas reformas objetivando divisão de ambientes internamente.

Figura 6 – Modelo de tijolo cerâmico maciço adotado



Fonte: as autoras.

Etiquetagem da envoltória pelo RTQ-C

Após o levantamento dos dados necessários, a aplicação do método prescritivo para a etiquetagem da envoltória foi feita por meio da equação pré-determinada no RTQ-C que determina o Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env}). No caso da edificação estudada foi utilizada a expressão para área maior que 500 m², dada pela Equação 1.

$$\begin{aligned}
 IC_{env} = & -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS \\
 & - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 5290,25.FF.PAF_T \\
 & + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,8
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 1}$$

Onde:

IC_{env}: Indicador de Consumo da envoltória (adimensional);

FA: Fator Altura (Área da projeção da cobertura / Área total);

FF: Fator de Forma (Área da envoltória / Volume total);

PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada Total (adimensional, para uso na equação);

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento;

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento;

FS: Fator Solar.

Quadro 1 - Parâmetros para aplicação do Método Prescritivo do RTQ-C – Escola Maria Ortiz

Escola Maria Ortiz						
Tipologias Arquitetônicas						
Forma			Irregular			
Proporção geométrica			29,57 x 72,8			
Azimute/ Orientação solar			De acordo com a orientação do edifício			
Pé direito (m)			4,28			
Número de pavimentos			4			
Área por pavimento (m ²)	Subsolo		969,49			
	Térreo		1224,67			
	1º Pavimento		1028,73			
	Mirante		40,10			
Área (m ²)			3273,7			
Ângulo de sombreamento horizontal (ASH)			0º			
Ângulo de sombreamento vertical (ASV)			0º			
Percentual de abertura da fachada (PAF)			Fachada 01 (Leste) = 9,03%			
			Fachada 02 (Sul) = 7,77%			
			Fachada 03 (Oeste) = 13,9%			
			Fachada 04 (Norte) = 7,59%			
Percentual de abertura da zenital (PAZ)			0			
Cor dos vidros			Incolor			
Propriedades térmicas dos materiais						
Absortância das paredes (α)			Amarelo = cerca de 30%			
Absortância da cobertura (α)			Terracota = cerca de 60%			
Transmitância das paredes (U)						
Tijolo cerâmico maciço						
Espessura (cm)	30	32	35	37	40	44
U W/(m ² .K)	1,95	1,82	1,75	1,68	1,58	1,47
Espessura (cm)	48	50	54	60	70	77
U W/(m ² .K)	1,38	1,33	1,25	1,15	1,01	0,93
Tijolo cerâmico furado						
Espessura (cm)	15					
U W/(m ² .K)	2,46					
Transmitância da cobertura (U)			1,54			
Fator Solar (FS)			0,87			
Capacidade térmica das paredes (J/m ² K)						
Tijolo cerâmico maciço						
Espessura (cm)	30	32	35	37	40	44
CT kJ/(m ² .K)	368	390	424	447	481	526
Espessura (cm)	48	50	54	60	70	77
CT kJ/(m ² .K)	572	594	640	708	753	901
Tijolo cerâmico furado						
Espessura (cm)	15					
CT kJ/(m ² .K)	150					

Fonte: elaborado a partir de Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005); Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018).

Após encontrar o Indicador de Consumo da Envoltória (IC_{env}), calculou-se o Indicador de Consumo Máximo (IC_{máxD}), que representa o indicador máximo que o edifício deve atingir para obter a classificação D, pois acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E; e o Indicador de Consumo Mínimo (IC_{mín}), que representa o mínimo para aquela volumetria. Ambos foram calculados por meio da mesma equação utilizada anteriormente, mantendo-se o FA e o FF, pois são fatores relacionados à volumetria da edificação, e substituindo-se os parâmetros mostrados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Parâmetros para cálculo do $IC_{máxD}$ e do $IC_{mín}$

Parâmetro	Parâmetros para o $IC_{máxD}$	Parâmetros para o $IC_{mín}$
PAF_T	0,60	0,05
FS	0,61	0,87
AVS	0	0
AHS	0	0

Fonte: elaborado a partir de Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO (2013).

Os índices máximo e mínimo indicam o intervalo em que a edificação deve se inserir para obter a classificação. Após a classificação da eficiência energética do edifício, avaliou-se se a edificação atendeu aos pré-requisitos limitadores para cada etiqueta, apresentados na Tabela 3, para a cidade de Vitória-ES.

Tabela 3 – Pré-requisitos para os níveis de eficiência – RTQ-C

Nível de eficiência	Transmitância Térmica das paredes e coberturas	Cores e absorptância das superfícies	Iluminação Zenital	
A	X	X	X	
B	X	X	X	
C	X			
D	X			
Transmitância térmica máxima da cobertura				
Nível de eficiência	Zona Bioclimática	Ambientes condicionados artificialmente	Ambientes não condicionados	
A	8	1,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K	
B		1,5 W/m ² K	2,0 W/m ² K	
C e D	8		2,0 W/m ² K	
Transmitância térmica máxima das paredes externas				
Nível de eficiência	Zona Bioclimática	Capacidade térmica máxima de 80 kJ/m ² K	Capacidade térmica superior a 80 kJ/m ² K	
A				
B	8	2,5 W/m ² K	3,7 W/m ² K	
C e D				
Cores e absorptâncias máximas de superfícies				
Nível de eficiência	Zona Bioclimática	Paredes externas	Coberturas	
A		<0,50	<0,50	
B	8	-	<0,50	
Iluminação Zenital (Níveis de Eficiência A e B; para a ZB8)				
PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Fonte: elaborado a partir de Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Tecnologia - INMETRO (2013).

Após a aplicação do procedimento descrito anteriormente, foi realizada a conferência dos resultados, utilizando-se a plataforma digital WebPrescritivo, disponibilizado no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (FONSECA et al., 2016).

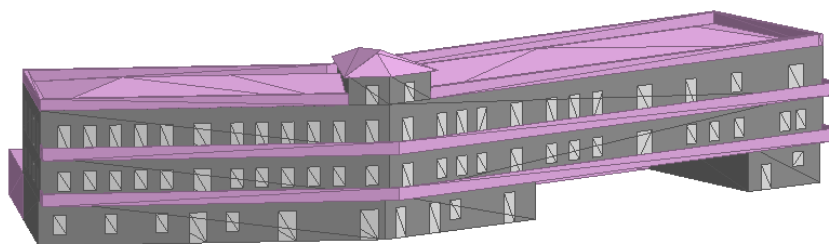
Modelagem e simulação

Para esta etapa foi adotado o software de simulação computacional DesignBuilder (DesignBuilder Software Ltd), versão 3.4.0.401, sendo disponível apenas com licença adquirida. Este programa foi escolhido por apresentar interface de modelagem gráfica mais amigável e por gerar os dados de saída em planilhas, que facilitam a compreensão e tabulação dos resultados. O software possui banco de dados de materiais incorporado, e cumpre a exigência do RTQ-C e da INI-C, de possibilitar a simulação de todas as 8760 horas do ano. A modelagem da edificação definida no recorte, foi realizada por meio das informações obtidas na etapa de coleta de dados.

Para efeitos de simulação, o entorno imediato à edificação foi considerado por meio da modelagem, representando o Ângulo de Obstrução Vertical (AOV), parâmetro

considerado pela INI-C. No entanto, para melhor apresentar a edificação na Figura 7 o entorno foi retirado.

Figura 7 – Modelagem da Escola Maria Ortiz



Fonte: as autoras (2019).

O processo de modelagem foi realizado por meio dos dados projetuais levantados, no qual buscou-se maior aproximação possível com a volumetria real do edifício. A orientação solar utilizada foi a real. Para as características referentes às atividades exercidas pelos usuários, bem como o fator de metabolismo e o uso de equipamentos, foi considerada a rotina de ocupação do edifício, conforme o Quadro 2. Para os ganhos com iluminação e condicionamento de ar, foram utilizados os valores propostos na INI-C, indicados para os casos em que é feita apenas a análise da envoltória.

Em relação aos dados construtivos considerou-se as variáveis relacionadas às superfícies opacas como paredes, pisos e coberturas, configurando as propriedades térmicas de cada superfície separadamente. Apesar dos parâmetros de etiquetagem considerarem apenas a envoltória, foram modeladas e configuradas as paredes externas (paredes da envoltória) e internas (paredes para divisão de ambientes) para a obtenção dos modelos. No que se refere às esquadrias, cada uma foi configurada separadamente, de acordo com as divisórias e áreas envidraçadas. A configuração dos parâmetros de operacionalização das aberturas foi efetuada em separado, pois dependendo de cada ambiente foi necessário avaliar o uso da esquadria, além da presença ou não de climatização artificial. Os dados de entrada referentes à ocupação e ganhos térmicos foram configurados conforme o Quadro 3.

Quadro 2 – Modelo de preenchimento dos Pré-requisitos para os níveis de eficiência – RTQ-C

Nome do edifício		
Ocupação	Uso	Fonte
Horário de funcionamento	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>
Dias da semana ¹	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>
Parâmetros Humanos		
Metabolismo – trabalho leve ²	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>
Vestimenta	Referente à edificação	(Lamberts; Dutra; Pereira, 2014)
Padrão de Ocupação	Referente à edificação	Visita <i>in loco</i>
Iluminação e ganhos ³		
DPI - Densidade de Potência de iluminação (W/m ²)	Referente à edificação	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018)
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)	Referente à edificação	
Condicionamento de ar (refrigeração) ³		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	Referente à edificação	
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	Referente à edificação	

¹ considerou-se os dias que há visitação ao público;

² considerou-se metade homens e metade mulheres;

³ o modelo real da edificação possui apenas os ambientes laboratório de química e de informática, secretaria, diretoria e auditório condicionados artificialmente, com a presença de modelos *split* ou de janela. Para o modelo de referência utilizou-se os parâmetros da Tabela A.2 do Anexo A da INI-C (Valores de referência para edificações educacionais).

Fonte: as autoras, com base nas fontes listadas.

Quadro 3 – Dados de entrada de ocupação, características e ganhos térmicos

Edifício: Escola Maria Ortiz		
Ocupação	Uso	Fonte
Horário de funcionamento	07h00 – 22h00 (segunda) 07h00 – 19h00 (demais dias)	Visita <i>in loco</i>
Dias da semana ¹	5	Visita <i>in loco</i>
Parâmetros Humanos		
Metabolismo (Watts/ pessoa) – trabalho leve ²	0,875	Visita <i>in loco</i>
Vestimenta	Verão = 0,5 Clo / Inverno = 1,0 Clo	(Lamberts; Dutra; Pereira, 2014)
Padrão de Ocupação	441 pessoas	Visita <i>in loco</i>
Iluminação e ganhos ³		
DPI - Densidade de Potência de iluminação (W/m ²)	15,5	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO (2018)
DPE - Densidade de potência de equipamentos (W/m ²)	9,7	
Condicionamento de ar (refrigeração) ³		
COP - Coeficiente de performance (W/W)	2,6	
Temperatura <i>setpoint</i> (°C)	24	
¹ considerou-se os dias que há visitação ao público		
² considerou-se metade homens e metade mulheres		
³ utilizou-se os parâmetros da Tabela A.2 do Anexo A da INI-C (Valores de referência para edificações educacionais).		

Fonte: as autoras, com base nas fontes listadas.

Calibração

A calibração correspondeu ao processo de ajuste fino da modelagem e dos dados de entrada da simulação, para que os consumos de energia observados coincidam com aqueles previstos pelo programa de simulação. Apesar da INI-C não exigir calibração do modelo para validação, julgou-se necessária para que os dados tivessem maior confiabilidade. A calibração do modelo considerou as faturas de energia mensais para todo o ano de 2018, em períodos letivos e não letivos, obtidas junto à administração do edifício, que apresentaram uma média de consumo de aproximadamente 5165 kWh/mês. Para este procedimento, utilizou-se os chamados “índices de incerteza”, métodos para confirmar o grau de confiança nos resultados. Dentre eles, alguns dos mais utilizados são o *Normalized Mean Bias Error* (NMBE) e o *Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error* CV(RMSE), já adotados em outros referenciais, como os de Saleh (2015), Tulsyan et al. (2013) e Bhatia, Mathur e Garg (2011).

O *Normalized Mean Bias Error* (NMBE) trata-se de uma normalização do índice *Mean Bias Error* (MBE) que corresponde à média dos erros em um espaço amostral. De acordo com recomendações da *American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers* (ASHRAE), do *International Performance Measurement & Verification Protocol* (IPMVP) e do *Federal Energy Management Program* (FEMP) pertencente ao Departamento de Energia do governo dos Estados Unidos, deve ser utilizado junto com o *Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error* CV(RMSE), que dimensiona a variabilidade dos erros entre os valores simulados e medidos e não está sujeito a erros de cancelamento (RUIZ; BANDERA, 2017).

O NMBE e o CV(RMSE) são calculados por meio das Equações 2 e 3, respectivamente, que relacionam os valores medidos aos dados de saída simulados. Nestas expressões a variável \bar{m} corresponde à média dos valores medidos; p é o número de parâmetros de modelos ajustáveis, que para fins de calibração deve ser igual a zero; m_i são os valores medidos; s_i os simulados e n a quantidade de dados medidos (RUIZ; BANDERA, 2017).

$$NMBE = \frac{1}{\bar{m}} \times \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)}{n - p} \times 100 (\%) \quad \text{Eq. 2}$$

$$NMBE = \frac{1}{\bar{m}} \times \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - s_i)}{n - p} \times 100 (\%) \quad \text{Eq. 3}$$

Para verificação dos resultados da calibração, os valores obtidos por meio dos cálculos devem ser comparados aos critérios mensais estabelecidos pela ASHRAE, IPMVP e FEMP, apresentados na Tabela 4 (RUIZ; BANDERA, 2017).

Tabela 4 – Critérios de calibração de acordo com a ASHRAE, IPMVP e FEMP

Tipo de dado	Índice	Critério FEMP	Critério ASHRAE	Critério IPMVP
Mensal	NMBE	+/-5%	+/-5%	+/-20%
	CV(RMSE)	15%	15%	-

Fonte: American Society of Heating, ventilating, and air conditioning Engineers (ASHRAE, 2014); IPMVP COMMITTEE (2012); Webster *et al.* (2015).

Na medida em que os dados de saída apresentavam divergências em relação aos medidos, de acordo com os índices de incerteza, foram feitos ajustes em alguns parâmetros de entrada, como o fator solar das áreas envidraçadas, bem como as rotinas de uso. O modelo foi submetido a algumas simulações, a fim de ajustar os dados de entrada, obtendo o modelo real calibrado da edificação, de acordo com os valores apresentados na Tabela 5. O modelo final utilizado apresentou uma média de consumo de 5280 kWh/mês, sendo a média de consumo aproximado de 5165 kWh/mês, referente aos dados obtidos das contas de energia.

Tabela 5 – Valores dos calculados comparados aos de referência – Escola Maria Ortiz

Valores de Referência		
	Critério mensal NMBE (%)	Critério mensal CV(RMSE) (%)
ASHRAE	+/- 5	15
FEMP	+/- 5	15
IPMVP	+/- 20	-
Valores calculados		
	Resultado para NMBE (%)	Resultado para CV(RMSE) (%)
Escola Maria Ortiz	-2,24	7,75

Fonte: as autoras.

De acordo com as tabelas, pode-se perceber que foi possível chegar ao modelo calibrado, que por sua vez serviu como o modelo real exigido pela INI-C, no método de etiquetagem por simulação. A partir dele foi criado o modelo de referência para a comparação e posterior etiquetagem.

Etiquetagem da envoltória pela INI-C

A INI-C propõe dois métodos para a etiquetagem de edificações: o simplificado e o de simulação. A utilização do primeiro é limitada ao atendimento de uma série de parâmetros pela edificação, além de não ser indicado para geometrias complexas. Com isso, para a edificação estudada, optou-se pela utilização do segundo, o de simulação, visto que ela não se enquadrava em alguns dos parâmetros do método simplificado. O processo de etiquetagem da envoltória, que prevê a simulação de dois modelos: o real, referente aos modelos virtuais calibrados, utilizando as características reais da edificação, e o de referência, configurado com a mesma modelagem do real, substituindo-se alguns dados de entrada, pelos parâmetros dos modelos de referência da INI-C, selecionados de acordo com o uso. Foi utilizada a tabela referente a edificações educacionais.

A avaliação da envoltória foi efetuada com base na carga térmica total anual do edifício, na condição real e na de referência, obtida por meio das simulações. Após esse passo, calculou-se o Fator de Forma (FF) do edifício, assim como no método prescritivo do RTQ-C. No entanto, diferentemente do Regulamento, que utiliza as Zonas Bioclimáticas

propostas na NBR 15220:3 (ABNT, 2005), a INI-C utiliza o novo zoneamento bioclimático brasileiro, que divide o país em 24 grupos climáticos (GC) e coloca Vitória no GC 13.

A partir do cálculo do FF e da obtenção do GC, encontrou-se o Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A (CRCgTD-A), por meio de tabelas definidas pelo tipo de uso do edifício. Foi utilizada a Tabela para edificações educacionais. Após a determinação da eficiência energética das edificações seguindo-se o método proposto pela INI-C, comparou-se as duas etiquetas, a fim de identificar as diferenças entre os regulamentos.

Resultados comparativos entre o RTQ-C e a INI-C

Os resultados foram estruturados em três etapas: 1^a) Comparação entre o RTQ-C e a INI-C; 2^a) Etiquetação da envoltória pelo RTQ-C; 3^a) Etiquetação da envoltória pela INI-C. A partir da análise dos documentos de avaliação energética estudados na pesquisa, obteve-se as principais alterações e quais os impactos dessas mudanças no processo e nos resultados da certificação (Quadro 4).

Quadro 4: Principais diferenças entre o RTQ-C e a INI-C

RTQ-C	INI-C	Melhorias constatadas da INI-C em relação ao RTQ-C
Portaria Inmetro nº 372/2010	Proposta de aperfeiçoamento – 2018	
Não diferencia área envidraçada e proteções solares por orientação	Permite a entrada de dados diferenciados por fachada	Permite que a insolação sobre as fachadas seja melhor caracterizada e consequentemente os ganhos térmicos se assemelhem mais com a realidade da edificação
Limitação na representação por volumetria da edificação	Permite a modelagem de diferentes formas geométricas	A volumetria da edificação é modelada de forma que a influência do sombreamento e da insolação sobre sua envoltória é melhor representada
Considera apenas um tipo de sistema HVAC (Split)	Possibilita a avaliação de qualquer sistema de HVAC	Pode-se configurar exatamente o tipo de sistema de condicionamento de ar utilizado na edificação, o que caracteriza de forma mais eficiente o consumo de energia
Não considera o ângulo de obstrução vizinha	Considera o ângulo de obstrução vizinha	O entorno é modelado de forma que a influência de seu sombreamento sobre a edificação é melhor representado
Os pré-requisitos de paredes e coberturas podem penalizar uma edificação em que estes itens não são representativos	Permite a entrada das características térmicas de paredes e cobertura, independente de pré-requisitos	Permite a avaliação de edificações com valores de propriedades térmicas diversas, como as históricas, que devido às grandes espessuras de paredes, possuem altos valores de capacidade térmica, por exemplo
Impossibilidade das equações descreverem diversas variações volumétricas	Permite a modelagem de diferentes formas geométricas	Pode-se modelar a edificação suas características formais existentes
Uso de apenas um padrão de carga térmica interna e padrão de uso e ocupação	Permite a especificação do tipo de uso da edificação	Dependendo dos tipos de uso, os gastos energéticos variam, principalmente os relacionados aos sistemas HVAC. E a especificação de uso permite que sejam inseridos padrões de consumo condizentes com o uso do edifício
Não considera a influência da iluminação e ventilação natural	Permite a avaliação da iluminação natural e ventilação natural	Esses dois fatores impactam diretamente nos gastos energéticos da edificação, e com a sua inserção na avaliação a etiquetação torna-se mais confiável
Utiliza índices de consumo sem relação direta com o consumo de energia da edificação	Adota o consumo de energia da edificação como parâmetro de avaliação	Essa alteração relaciona o nível de eficiência da edificação com o seu próprio consumo, o que torna o processo mais confiável e realista
Dados generalizados das zonas térmicas	Dados de grupos bioclimáticos	Considera o novo zoneamento bioclimático brasileiro para os dados dos cálculos, o que aumenta as possibilidades e torna menos genérica a avaliação

Fonte: as autoras.

Etiquetação da envoltória pelo RTQ-C

Para a realização do procedimento de etiquetação pelo método prescritivo do RTQ-C, utilizaram-se os cálculos das transmitâncias e capacidades térmicas das paredes externas, além da transmitância da cobertura do edifício estudado. Foi necessário também o cálculo do Percentual de Abertura da Fachada total (PAFT), além da determinação do Fator Solar (FS) dos vidros, dos Ângulos Vertical e Horizontal de

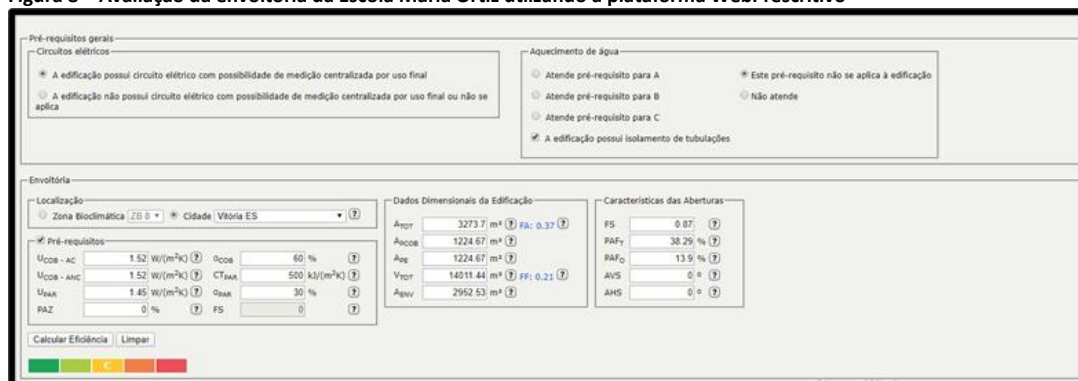
Sombreamento (AHS e AVS), e dos cálculos do Fator de Forma (FF) e do Fator Altura (FA). Após a obtenção da etiqueta inicial, a edificação foi submetida à análise sobre o atendimento dos pré-requisitos específicos, para a obtenção da etiqueta final. O resultado da etiquetagem está demonstrado na Tabela 6, e para conferência dos mesmos, foi realizada a etiquetagem com a plataforma WebPrescritivo (Figura 8).

Tabela 6 – Etiquetagem da envoltória da Escola Maria Ortiz pelo RTQ-C

Valores reais					
Fator de Forma	Fator Altura	PAF _T	Fator Solar	AHS	AVS
0,21	0,37	0,383	0,87	0	45
Valores IC máximo					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,21	0,37	0,6	0,61	0	0
Valores IC mínimo					
Fator de Forma	Fator Altura	PAFT	Fator Solar	AHS	AVS
0,21	0,37	0,05	0,87	0	0
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	98,51	104,06	109,60	115,17
Limite Máximo	98,52	104,07	109,61	115,16	-
IC ENV	90,67	ETIQUETA C			
IC MAX	115,16				
IC MÍN	92,97				
i	4,14				
Etiqueta limitada pelos pré-requisitos da transmitância dos Ambientes Condicionados					
Etiqueta B: Transmitância AC para ZB8 1,5 W/m²K					
Etiqueta A: Transmitância AC para ZB8 1 W/m²K					

Fonte: as autoras.

Figura 8 – Avaliação da envoltória da Escola Maria Ortiz utilizando a plataforma WebPrescritivo



Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LABEEE (2019).

A edificação recebeu etiqueta nível C, de acordo com o método prescritivo do RTQ-C. Esse resultado ocorreu principalmente, devido aos pré-requisitos limitadores de transmitâncias e absortâncias das coberturas, o que evidenciou que os requisitos geram uma tendência na etiquetagem, pois mesmo que as volumetrias e percentuais de áreas envidraçadas das fachadas sejam diversos, os edifícios enquadraram-se em uma única etiqueta, o que pode não avaliar corretamente a eficiência energética das edificações. Ressalta-se que esses pré-requisitos foram retirados do texto da INI-C.

Etiquetagem da envoltória pela INI-C

Para a realização do procedimento de etiquetagem pelo método de simulação da INI-C, utilizou-se o modelo real calibrado e o modelo de referência, configurado a partir deste. Para a configuração das condições de referência do edifício foi utilizada a Tabela A.2, presente na referida Instrução Normativa, que prevê a etiquetagem de edifícios educacionais.

Com a condição de referência realizou-se a simulação desta e do modelo real, que resultou na carga térmica total anual (kwh/ano) do edifício. O resultado da simulação foi comparado por meio do processo de etiquetagem da envoltória da INI-C, que considerou o Fator de Forma (FF) da edificação e a nova divisão do território brasileiro em Grupos Climáticos (Tabela 7).

Tabela 7 – Etiquetagem da Escola Maria Ortiz (INI-C)

1º Passo: Simulação da carga térmica total anual (kwh/ano)					
Modelo Real	24.525,61				
Modelo de Referência	24.316,76				
2º Passo: Cálculo do Fator de Forma (FF)					
Fator de Forma	0,21				
3º Passo: Determinação do Grupo Climático					
Vitória	GC 13				
4º Passo: Determinação do $CRCgT_{D-A}^1$					
$CRCgT_{D-A}$	0,12				
5º Passo: Cálculo do intervalo de classificação "i"					
i	972,67				
EFICIÊNCIA	A	B	C	D	E
Limite Mínimo	-	> 21398,75	> 22371,42	> 23344,09	> 24316,76
Limite Máximo	21398,75	22371,42	23344,09	24316,76	-
ETIQUETA E					

¹ Coeficiente de redução de carga térmica total anual da classe D para a classe A

Fonte: as autoras.

Diante dos resultados das etiquetagens, a Escola Maria Ortiz não apresentou o desempenho térmico adequado. Na avaliação pelo método de simulação da INI-C (2018) o edifício apresentou condições inferiores ao modelo de referência recebendo a certificação nível E. Verifica-se que os novos critérios contêm mais informações para etiquetagem. Entretanto, os parâmetros de propriedades térmicas construtivas, como a transmitância, a resistência e a capacidade térmica não correspondem às características reais das edificações de valor histórico, que possuem sistemas construtivos diferentes se comparados aos edifícios contemporâneos.

No entanto, é importante ressaltar que a criação das condições de referência determinam que sejam utilizados métodos construtivos atuais (paredes de bloco de concreto de 9cm, com reboco de 2,5cm em argamassa cimentícia em ambas as faces, e cobertura em telhas de fibrocimento) para a avaliação da envoltória, o que não condiz com a realidade das edificações históricas, visto que as propriedades térmicas são diferentes do método construtivo histórico (tijolo cerâmico maciço). O que sugere que possam ser criadas condições de referência considerando a realidade dos sistemas construtivos históricos.

A falta de um modelo de referência utilizando parâmetros condizentes com a realidade construtiva da edificação gera incertezas com relação à etiqueta alcançada, visto que o modelo de referência utilizado possui sistemas construtivos de baixo desempenho, podendo a edificação obter resultados ainda piores, caso fosse comparada a um modelo condizente com a sua realidade, com transmitâncias térmicas mais elevadas, o que poderia ocasionar em análises diferenciadas.

Os dois regulamentos adotados para avaliação da envoltória do edifício histórico carecem de diretrizes mais específicas dos sistemas construtivos específicos destes tipos de edifícios. As espessuras de paredes, bem como o tipo de material das alvenarias são fatores que interferem muito nas avaliações, consequentemente na etiquetagem.

Conclusão

Nos procedimentos adotados foram verificadas etiquetas diferenciadas para os níveis de eficiência energética, o que era esperado, visto que os métodos utilizados foram diferentes, sendo o prescritivo do RTQ-C considerado o menos realista, em decorrência a uma série de pré-requisitos dispostos no regulamento, relacionados às propriedades térmicas dos elementos da envoltória, além deste método não permitir a inserção de alguns dados fundamentais para o desempenho da edificação.

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que algumas das principais alterações na INI-C no que se refere à análise da envoltória houve uma evolução considerável em relação ao RTQ-C. No entanto, os resultados demonstraram que pode haver melhorias em relação à inclusão de alternativas de etiquetagem para edifícios históricos, visto que suas particularidades construtivas não foram consideradas no processo de avaliação.

Os resultados da etiquetagem proposta pela INI-C permitiram a entrada mais realista das configurações dos edifícios. No entanto, como a condição de referência adotada nesse método é baseada no uso da edificação, as propriedades dos materiais propostos para a criação do modelo de referência se distanciam da realidade do edifício histórico, visto que são baseadas em sistemas construtivos contemporâneos. Sugere-se que sejam propostos parâmetros de etiquetagem que comparem os edifícios históricos com os sistemas construtivos mais condizentes com os desses tipos de edificações, aproximando à sua realidade construtiva. Pode-se dizer que o processo de etiquetagem proposto atualmente não considera às particularidades das edificações históricas, gerando equívocos no processo de etiquetagem das mesmas. Além disso, observa-se que esta pesquisa avaliou apenas um sistema construtivo, sendo que, diferentemente das edificações contemporâneas, que possuem em sua maioria, sistemas construtivos semelhantes, a realidade das edificações históricas é de sistemas construtivos diversos, como, tijolos maciços, taipa de pilão, pedras entre outros, o que pode gerar ainda mais incertezas nos resultados, quando considera-se que todos estão sendo comparados a um modelo de referência, divergindo substancialmente de propriedades térmicas determinantes, como a transmitância e capacidade térmica.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) (EDITAL FAPES/CAPES Nº 01/2018 - PROCAP - MESTRADO).

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: 1-5 Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Guideline 14-2014, Measurement of Energy and Demand Savings**; Technical Report; American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers. Atlanta, USA: 2014.

BHATIA, A.; MATHUR, J.; GARG, V. Calibrated simulation for estimating energy savings by the use of cool roof in five Indian climatic zones. **Journal Renewable Sustainable Energy**, v. 3, 023108, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.3582768>

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Aprova o aperfeiçoamento dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações. Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001961.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2019.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Roberto Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios: parte 2: método de simulação. **Ambiente Construído [online]**. 2010, v. 10, n. 2, p. 27-40. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000200002>.

ESPÍRITO SANTO. Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo - IOPES. **Escola Maria Ortiz**, arquivo .dwg, 2019.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Educação e Cultura – SEDU. **100 anos de Escola Maria Ortiz**, 1992.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado e Cultura – SECULT. **Arquitetura: Patrimônio Cultural do Espírito Santo**, 2009. Disponível em: [https://secult.es.gov.br/Media/secult/EDITAIS/102-Documento-1436796643-100-Documento-1436454022-56-Documento-1427918086-atlas-patrimonio%20\(1\).pdf](https://secult.es.gov.br/Media/secult/EDITAIS/102-Documento-1436796643-100-Documento-1436454022-56-Documento-1427918086-atlas-patrimonio%20(1).pdf). Acesso em: 25 jun. 2018.

FONSECA, R. W.; BRUCH, J.; RUPP, R. F.; BECK, E. O.; IMPROTA, M. L.; ELI, L. G.; SCALCO, V. A.; LAMBERTS, R. Avaliação do desempenho termoenergético de modelos de referência de escritórios elaborados com base em levantamento de características construtivas nacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ANTAC, 2016.

FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. **Ambiente Construído [online]**. v. 10, n. 2, p. 59-69, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000200004>.

GALAFASSI, M.; PEREIRA, F. O. R. Energy Efficiency Regulations and the Process of Architecture Design of Buildings: A Case Study. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 29., 2013, Munique. **Proceedings [...]**. Munique: PLEA, 2013.

GOOGLE MAPS. GOOGLE. Escola Maria Ortiz Vitória – ES, 2019. Disponível em: <https://www.google.com/maps/search/escola+maria+ortiz+vitoria+es/@-20.3212557,-40.3402358,134m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 24 jun. 2019.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabela de edificações comerciais, de serviços e públicas**, 2019. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2020.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Portaria nº 248, de 10 de julho de 2018. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002520.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, 2013. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf. Acesso em: 04 mai. 2018.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA –. Manual de Aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade – RTQ-C. Eletrobrás, 2016.

IPMVP COMMITTEE - INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT AND VERIFICATION PROTOCOL COMMITTEE. **Measurement and Verification Protocol: concepts and options for determining energy and International Performance water savings**. v.1, Washington: Efficiency Evaluation Organization (EVO), 2012. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/31505.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2021.

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **WebPrescritivo**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. Acesso em: 25 out. 2019.

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Métodos de etiquetagem**. Disponível em: <http://labeee.ufsc.br/projetos/s3e/metodos-de-etiquetagem#:~:text=Contato,M%C3%A9todos%20de%20etiquetagem,ilumina%C3%A7%C3%A3o%20e%20condicionamento%20de%20ar>. Acesso em: 20 jul. 2020.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética em Arquitetura**. 4., Rio de Janeiro: ELETBRAS, 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>. Acesso em: 11 out. 2019.

PBE EDIFICA. **PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 09 out. 2017.

RUIZ, G. R.; BANDERA, C. F. Validation of Calibrated Energy Models: Common Errors. **Energies**, v. 10, n. 10, 1587, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/en10101587>.

SALEH, P. H. Thermal performance of glazed balconies within heavy weight/thermal mass buildings in Beirut, Lebanon's hot climate. **Energy and Buildings**, v. 108, p. 291-303, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.009>

TULSYAN, A.; DHAKA, S.; MATHUR, J.; YADAV, J. V. Potential of energy savings through implementation of Energy Conservation Building Code in Jaipur city, India. **Energy and Buildings**, v. 58, p. 123-130, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2012.11.015>

VIEIRA, J. C.; EVANGELISTA, M. A.; LIMA, F. R. S.; OLIVEIRA, R. D. Estudo de classificação da eficiência energética do prédio 20 do CEFET-MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 15.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11, 2019, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: ENCAC-ELAC, 2019.

WEBSTER, L.; BRADFORD, J.; SARTOR, D.; SHONDER, J.; ATKIN, E.; DUNNIVANT, S.; FRANK, D.; FRANCONI, E.; JUMP, D.; SCHILLER, S. et al. **M&V Guidelines: Measurement and Verification for Performance-Based Contracts**, Version 4.0, Washington: U.S. Department of Energy Federal Energy Management Program, 2015.

¹ **Bruna Perovano Sirtuli**

Arquiteta e Urbanista. Mestra em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo. Arquiteta e Urbanista da Prefeitura Municipal de João Neiva, Espírito Santo. Endereço postal: Avenida Presidente Vargas, 157, Centro, João Neiva, ES – Brasil. CEP 29680-000.

² **Rosany Hellen Matos de Paiva Dias**

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo. Endereço postal: Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES – Brasil. CEP 29075-910.

³ **Edna Aparecida Nico-Rodrigues**

Arquiteta e Urbanista. Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidad del Bio-Bio, UBB, Chile. Professora na Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Endereço postal: Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES – Brasil. CEP 29075-910.