XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

CERTIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE ESCOLA MUNICIPAL (OU PÚBLICA) NO SUL DO BRASIL

Cristiana Rodrigues (1); Fernando Grande (2); Letiane Benincá (3)
(1) Mestranda em Engenharia Civil – PPGEC – IMED, engenheira civil, cristiana-rod@hotmail.com, IMED Passo Fundo – Rua Gal. Daltro Filho, 258/01 – (54) 99916-7882.
(2) Mestrando em Engenharia Civil – PPGEC – IMED, engenheiro civil, fernandogrande354@gmail.com, IMED – Passo Fundo – (54) 984271552.
(3) Doutoranda PPGCI – UFRGS e TAEU - UPC, professora Engenharia Civil IMED. letiane.beninca@imed.edu.br, IMED – Passo Fundo – Rua 20 de setembro, 377/501 – Passo Fundo – (54) 99057874.

RESUMO
As certificações energéticas têm a finalidade de melhorar o consumo energético das edificações, sejam elas residenciais, de serviços ou públicas. Quando se trata de espaços de ensino, percebe-se que a concepção destas edificações encontra certos desafios, como, apresentar um desempenho térmico adequado. Desta forma, fica evidente a importância de um projeto visando estratégias de eficiência energética, porque além do sistema construtivo, posição solar, os usuários são agentes fundamentais para a conservação e uso racional da energia.
Baseado nestes conceitos, o presente artigo tem como objetivo a análise da eficiência energética da Escola Municipal Dom José Gomes, na cidade de Passo Fundo – RS, a partir da certificação energética Procel Edifica. O método utilizado para a certificação está de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que foi elaborado pelo Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) em parceria com entidades do setor e instituições de ensino superior.
Após a análise detalhada do sistema da envoltória, iluminação e ar condicionado, a partir dos requisitos de classificação do RTQ-C, foi constatado que a edificação se enquadra como: nível "D" de eficiência energética de acordo com a pontuação final. Esse resultado foi obtido em função dos valores de transmitância térmica das paredes e cobertura serem superiores aos limites de classificação definidos pelo RTQ-C, assim como, o sistema de iluminação não atende aos pré-requisitos. Com base nos resultados apresentados foram sugeridas melhorias com o intuito de alcançar melhor nível de certificação energética da edificação.
Palavras chave: RTQ-C. Escolas. Certificação energética. Eficiência energética.

ABSTRACT
Energy certifications have the purpose of improving the energy consumption of the buildings, whether residential, service, or public. When it comes to educational spaces, it is perceived that the design of these buildings meetings certain challenges, such as, to present an adequate thermal performance. Thus, it is evident the importance of an project aiming at energy efficiency strategies, because besides the construction system, solar position, users are fundamental agents for the conservation and rational use of energy. Based on these concepts, this paper aims to analyze the energy efficiency of the Municipal School Dom José Gomes, in the city of Passo Fundo - RS. The method used for certification was developed in accordance with the Technical Regulation on the Quality of Energy Efficiency Level of Commercial Buildings, Services and Public Buildings (RTQ-C), which was elaborated by Procel (National Program for the Conservation of Electric Energy) in partnerships with sector and higher education institutions. After the detailed analysis of the enclosure, lighting and air conditioning systems, it was verified that the level of efficiency energy of the building results as "D". This level was obtained as a function of the thermal transmittance values of the walls and ceiling being higher than the limits defined by the RTQ – C, as well as the lighting system does not meet the prerequisites, so some improvements were suggested in order to achieve better building certification.
Keywords: RTQ-C. Schools. Energy certification. Energy efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A análise da eficiência energética de escolas públicas, é uma iniciativa importante pois além de trazer benefícios à escola e seus ocupantes, possibilita a participação dos usuários no processo, pois estes interferem diretamente no uso e na redução do desperdício de recursos como água e energia elétrica. Kowaltowski (2011), ressalta a importância no processo de concepção de uma edificação, já que esta deve atender não só as necessidades imediatas da sociedade, mas também levar em consideração as necessidades futuras, que de certa forma são difíceis de prever. Baseado nisso, a análise de edificações existentes onde é possível se observar as experiências de sucesso e falhas, é uma estratégia válida para a concepção de edifícios escolares.

A necessidade de superar as barreiras com relação à eficiência energética de um país exige a implantação de estratégias por parte de diversos agentes envolvidos. Em 1984 surge o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), inicialmente direcionado para o setor automotivo em função das crise do petróleo que afetou o mundo na década de 70. No decorrer dos anos o projeto foi redirecionado, ampliado e recebeu o nome de Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE (PROCEL EDIFICA, 2013a).

Dentro do PBE, estão todos os programas voltados para a Avaliação da Conformidade, e que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), para fornecer informações sobre o desempenho de produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores (EPE, 2014).

Como resultado da certificação, é concedida a ENCE, que classifica a eficiência energética dos produtos em diferentes faixas, sendo etiqueta A (mais eficiente) à E (menos eficiente), levando em consideração diversos fatores, como o consumo de combustíveis em automóveis, o consumo energético em edificações, dentre outros (INMETRO, 2010).

O PBE é responsável pela certificação de edificações residenciais, de serviços, comerciais e públicas, apoiado pelo Procel Edifica, o qual obedece ao Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (PROCEL EDIFICA, 2013a). As edificações podem receber a etiqueta geral que contempla os três sistemas de uma edificação: envoltória, iluminação e ar condicionado ou podem receber etiquetas parciais, de somente um sistema, porém a avaliação da envoltória é obrigatória em ambos os casos (PROCEL, 2013b). E para a classificação do nível de eficiência o Regulamento (RTQ – C), apresenta os métodos prescritivos e de simulação para certificar uma edificação.

A envoltória é composta pelas paredes e cobertura e determina como a edificação se comporta em relação ao ambiente externo, por isso é fundamental o conhecimento das propriedades térmicas utilizadas nesse sistema. Carlo (2008), destaca que o consumo energético de uma edificação, está relacionado com os ganhos e perdas de calor através da envoltória, juntamente com as cargas de iluminação, equipamentos e ocupação, desta forma, exigem a utilização de sistemas de condicionamento de ar para garantir as condições de conforto interno.

Na envoltória são avaliadas as características dos materiais utilizados na edificação, bem como a orientação solar das fachadas. As propriedades avaliadas são: transmitância térmica (paredes e cobertura), iluminação zenital, cores e absortância de superfícies externas, percentual de abertura em fachadas, ângulos de sombreamento, ventilação natural e fator solar dos vidros. Na avaliação das características é considerado o zoneamento bioclimático em que a edificação está situada para que proporcione conforto térmico consumindo energia de maneira eficiente.

Os estudos sobre a certificação energética em instituições de ensino, vem crescendo no decorrer dos anos. Demonstrando a importância deste assunto, alguns autores realizaram pesquisas em instituições de ensino utilizando o RTQ-C do Procel. Magnativa e Passos (2015) realizaram a análise do desempenho energético do edifício educacional Escola Estadual Maria Rosália Ambrózzio. A edificação é situada no CEPA – Centro Educacional de Pesquisa Aplicada, em Maceió – AL, e foi escolhida por apresentar o maior número de pontos negativos relacionados a orientação solar; tipos de proteção solar existentes na edificação; tipos de aberturas; cor da fachada e uso de ar condicionado. Para essa avaliação foi adotado o método prescritivo, de acordo com o RTQ-C, e as informações do projeto da escola foram inseridas na ferramenta online WebPrescritivo para obter o nível de eficiência energética da Envoltória.

Da mesma forma, Ferreira et al. (2016) aplicaram o método prescritivo do RTQ-C para avaliar o nível de eficiência dos sistemas de condicionamento de ar, iluminação e envoltória do prédio do laboratório de Engenharia Mecânica (LABEM), da Universidade Federal do Pará (UFPA), localizado em Belém/PA. A envoltória da edificação obteve classificação “C”, em virtude da alta absortância térmica do telhado da cobertura. Como melhoria para aumentar o nível de eficiência da envoltória, sugeriu-se a utilização de telhas

de cerâmica para a cobertura, a pintura com cores mais claras nas paredes, desenvolver teto jardim e a substituição dos vidros por modelos de alto desempenho.

Na pesquisa de Amorim et al. (2011) o edifício FIOCRUZ, que abriga a Escola de Governo em Saúde (EGS), localizado no Campus da UnB, em Brasília/DF, obteve nível de eficiência "B" para a Envoltória. Também foi utilizado o método prescritivo do RTQ-C, como auxílio da ferramenta WebPrescritivo. O fator que impediu a edificação de atingir a classificação máxima de eficiência energética foram os vidros sem proteção que compõem 25% da área das fachadas do edifício.

Além das referências citadas, existe artigos relacionados ao tema que tratam de identificar e evidenciar o nível de eficiência energética em instituições de ensino médio e superior. Este artigo, tenta apresentar a realidade das escolas municipais, vivenciada no sul do Brasil, estado de clima frio, no qual as medidas e estratégias de projeto deveriam ser identificadas para tal situação.

Além da eficiência e consumo energético da edificação, a certificação pode ter apelo educacional, já que os alunos e funcionários interferem no consumo de energia. Desta forma, uma escola certificada, pode estar aliada a educação ambiental, de forma que os usuários utilizem os espaços da maneira correta, possibilitando a economia de água e luz.

A contribuição desta pesquisa é de cunho educativo, social e ambiental. Uma vez realizadas as medições e averiguações da escola, foi possível apresentar ao corpo docente e diretor o nível de eficiência e as possíveis melhorias que poderiam ajudar na diminuição do consumo. Assim como a participação dos alunos, no incentivo de aprender sobre o meio que os rodeia. Para o meio acadêmico, a tem a intenção de promover a busca das melhorias a nível técnico de edificações que poderiam ser utilizadas como espaço de educação ambiental, onde os alunos possam estar confortáveis e ao mesmo tempo realizar vivências, das quais seguramente aportam resultados na escola e fora dela.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é certificar o nível de eficiência energética de escola pública de ensino fundamental, na cidade de Passo Fundo – RS. Com base nos resultados, propor estratégias para melhoria da edificação, reduzindo o consumo de energia elétrica e fomentando as medidas de redução energética no âmbito escolar através do envolvimento dos alunos.

3. MÉTODO

Inicialmente foi realizada a caracterização do objeto de estudo, para a posterior aplicação do método. Neste artigo foi utilizado o método prescritivo do Requisitos Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), do Procel Edifica, levando em consideração a envoltória da edificação, o sistema de iluminação e de ar condicionado da escola estudada.

Para a realização da certificação da eficiência energética da escola, foi adotado o método prescritivo de análise, contido no RQT – C, do Procel Edifica. O método proposto se baseia na utilização analítica de equações das quais resultaram na classificação de cada sistema da edificação individualmente (envoltória, condicionamento de ar e iluminação), levando em consideração os pré-requisitos estabelecidos para cada e após estes valores numéricos serão colocados na equação de pontuação final, gerando o nível total da edificação.

Neste trabalho, após a coleta e o levantamento dos dados, para a análise foi utilizado a ferramenta online WebPrescritivo, que está disponível no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que auxiliou a finalização dos cálculos exigidos pelo método.

3.1. Caracterização da edificação

A escola Dom José Gomes foi fundada no ano de 2004, e atualmente atende o ensino fundamental completo. Seu corpo discente conta com aproximadamente 200 alunos, com idades entre 6 e 14 anos.

A edificação possui área total de 706,15 m² (Figura 1), contemplando seis salas de aula, quatro banheiros, sala de atendimento individualizado, além das salas destinadas a administração, atualmente o saguão é utilizado como refeitório e recepção.

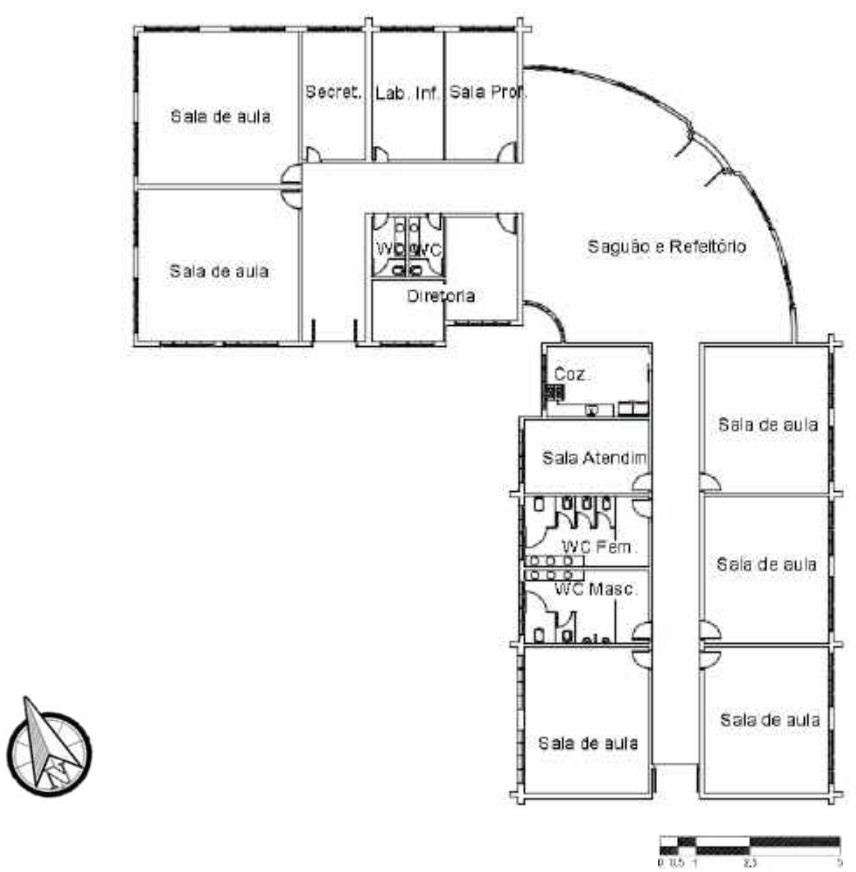


Figura 1: Planta baixa da escola

O funcionamento da escola acontece de segunda-feira a sexta-feira nos horários das 8:00 horas até as 11:30 horas pela parte da manhã, e das 13:30 horas até as 17:15 horas pela parte da tarde.

A escola possui sistema construtivo tradicional, composto de paredes de tijolos maciços aparentes com dimensões 9,0 x 6,0 x 19,0 cm, sem reboco externo e interno. A cobertura é constituída de laje de concreto maciça de 10 cm de espessura, câmara de ar e cobertura em telha de cerâmica.

3.2. Certificação

A certificação da eficiência energética da escola, foi realizada através do método prescritivo do Programa Procel Edifica, contido na norma de RTQ-C.

, foram analisados os três sistemas: envoltória, condicionamento de ar e sistema de iluminação. Os resultados parciais são combinados em uma equação final, onde é determinado o nível de eficiência energética geral da edificação.

Para a classificação do nível de eficiência da envoltória, assim como, do sistema de iluminação e ar condicionado, devem ser atendidos os pré-requisitos específicos de acordo com o nível de eficiência almejado no caso de uma construção nova, e no caso de uma construção existente esses pré-requisitos definem o nível de eficiência que será alcançado. Na Tabela 01, observa-se os pré-requisitos para o sistema da envoltória de acordo com o RTQ-C.

Tabela 1: Pré-requisitos para classificação da envoltória de acordo com o RTQ-C.

Nível de eficiência	Transmitância térmica da cobertura e paredes externas	Cores e absortância térmica das superfícies	Iluminação zenital
A	x	x	x
B	x	x	x
C e D	x		

Para a classificação da eficiência energética da envoltória, utiliza-se o Indicador de Consumo da Envoltória (ICenv), que leva em consideração todas as áreas de aberturas, ângulos de sombras verticais e horizontais, as dimensões da edificação, o zoneamento bioclimático onde a edificação está localizada e outros fatores como: Fator forma (FF), fator de altura (FA) (PROCEL, 2013b).

Para calcular o indicador de consumo da envoltória (ICenv) da escola Dom José Gomes, foi utilizado a Equação 1, que é indicada para edificações com área de projeção do edifício (Ape) maior de 500m², dentro do zoneamento bioclimático 2, conforme o estudo de caso.

$$ICenv = (-14{,}14 * FA - 113{,}94 * FF + 50{,}82 * PAFt + 4{,}86 * FS - 0{,}32 * AVS + 0{,}26 * AHS - \left(\frac{35{,}75}{FF}\right) - 0{,}54 * PAFt * AHS + 277{,}98$$

Equação 1

Onde:
Ape: Área de projeção do edifício [m²];
Atot: Área total construída [m²];
Aenv: Área da envoltória [m²];
Apcob: Área de projeção da cobertura [m²];
AVS: Ângulo vertical de sombreamento;
AHS: Ângulo horizontal de sombreamento;
FF: Fator de forma, (Aenv/ Vtot);
FA: Fator altura, (Apcob/ Atot);
FS: Fator solar;
PAFT: Percentual de abertura na fachada total: média do percentual de aberturas existentes [%];
Vtot: Volume total da edificação [m³];

O fator altura (FA), é o resultado da divisão entre a área de projeção da cobertura (APcob) e a área total (Atot). No caso da escola esse valor será igual a 1, pois o valor da área total e área da cobertura são iguais. Já o fator forma (FF), trata-se de um valor que tem relação com as proporções da edificação, esse valor é calculado através da divisão da área da envoltória e o volume total, (Aenv/Vtot).

O fator forma possui valores máximos e mínimos de acordo com o tamanho da edificação e zoneamento bioclimático, como se observa na Tabela 2. Para a edificação deste estudo será utilizado o FF=0,15, pois a edificação tem área maior que 500m² e está localizada na zona climática 2.

Tabela 2: Fator forma (FF) de acordo com o zoneamento bioclimático.

Zona Bioclimática	Ape <500m² Fator de forma máximo	Ape >500m² Fator de forma mínimo
1	0,60	0,17
2 e 3	0,70	0,15

Outro item que deve ser analisado é o fator solar (FS) do vidro utilizado na edificação, que deve atender a NBR 15.220-2 (2005b) e tem relação com o ganho de calor no interior da edificação. Dependendo do tipo de vidro utilizado também pode se obter ganhos em relação a acústica do ambiente. No estudo de caso, o vidro utilizado é o vidro comum, de acordo com a Tabela 3:

Tabela 3 Fator solar (FS) dos vidros da Escola Dom José Gomes.

Vidro	Espessura	Fator solar (FS)
Transparente	3mm	0,87

No caso das aberturas, os itens calculados são o percentual de abertura total (PAFt), onde soma-se o valor das áreas de todas as aberturas, dividido pela área total das fachadas (Figura 2). No caso do percentual de aberturas da fachada oeste (PAFo), é levado em consideração os valores das aberturas da fachada oeste e área total da fachada oeste, pois em função da localização geográfica, essa é a fachada que recebe maior incidência de radiação solar. Para a equação se utiliza o maior valor dentre os dois parâmetros citados acima.

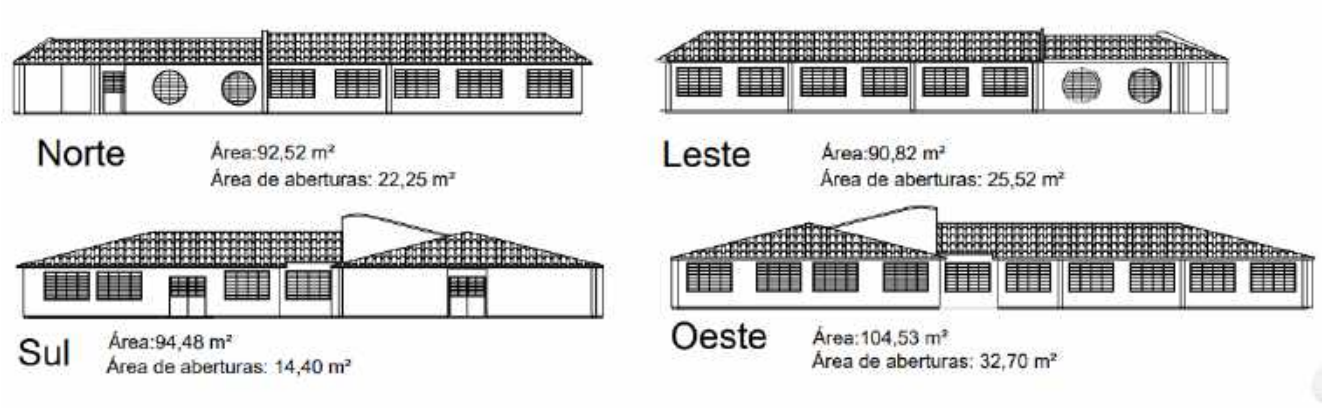


Figura 2: Área de abertura nas fachadas.

Quanto ao sistema de iluminação artificial, a certificação avalia a densidade da potência instalada de iluminação (DPI), que está diretamente relacionada com o nível de iluminância, que se faz necessário de acordo com a atividade desenvolvida, e assim definir a densidade considerada eficiente para cada tipo de atividade e local de uso. O RTQ-C, exige os seguintes pré-requisitos: divisão dos circuitos, desligamento automático do sistema e a adequada iluminação natural.

Estes definirão o nível de eficiência do sistema da edificação, podendo ser calculado através de dois métodos distintos: o método das áreas, que avalia de forma geral toda a edificação e pode ser utilizado quando esta possua até três tipos de atividades principais, ou quando a atividade principal desenvolvida na edificação ocupe mais de 30% da área.

A outra forma de certificação é através do método das atividades, onde cada ambiente é avaliado individualmente. Além dos métodos de cálculo para o sistema é possível se obter algumas bonificações de acordo com a densidade de potência limite e em função dos espaços internos. RTQ-C (2013).

Já a certificação do nível de eficiência energética do sistema de condicionadores de ar é feita a partir do levantamento dos equipamentos e a verificação se os mesmos estão de acordo com o INMETRO.

4. RESULTADOS

De acordo com a coleta de dados na escola Dom José Gomes, o sistema construtivo é composto de paredes de tijolos maciços com dimensões 9,0x6,0x19,0 cm, sem reboco externo e interno. A cobertura é constituída de laje de concreto maciça de 10 cm de espessura, câmara de ar e cobertura em telha de cerâmica. Os dados coletados sobre os valores de transmitância térmica estão apresentados na Figura 3:

(A) (B)



Figura 3: Valores de transmitância térmica- Paredes (A), Cobertura (B)

A Tabela 04, apresenta os valores exigidos de transmitância térmica de acordo com o nível de eficiência energética, exigidos pelo RTQ-C e os valores obtidos na escola.

Tabela 4: Valores obtidos na certificação.

	Transmitância Térmica (W/m²K)		Absortância Térmica	
	Escola	Nível A	Escola	Nível A
Paredes	3,80	1,00	0,65	≤0,50
Cobertura	2,05	0,50	0,75	≤0,50

De acordo com o estudo de caso, será analisado o AHS, que é verificado na planta baixa da edificação, e leva em consideração o efeito das proteções solares verticais, porém vale lembrar que somente são considerados os ângulos maiores que 10°, conforme observa-se na Tabela 5.

Tabela 5: Cálculo de AHS

Fachadas	Área	Ângulo	
Norte	3,86	(0+39)/2 = 19,50°	75,27
Sul	2,60	(0+57)/2 = 28,50°	74,10
Leste	3,86	(0+24)/2 = 12°	15,86
Oeste	2,60	(0+57)/2 = 28,50°	74,10

A partir dos dados da Tabela 5, obteve-se o seguinte resultado:

$$AHS = \left(\frac{75{,}27 + 74{,}10 + 75{,}86 + 74{,}10}{12{,}92}\right) = 18{,}52°$$

Após feitos os cálculos necessários, os resultados e dados coletados estão organizados na Tabela 6.

Tabela 6: Dados da certificação da envoltória da escola Dom José Gomes

Dados		Cálculo	Valor
Aenv	A alvenaria + Apcob	382,35+706,15	1088,50
Atot	Área total	706,15	706,15
APE	Área total / N° de pavimentos	706,15 / 1	706,15
APcob	Área de projeção da cobertura	706,15	706,15
Vtot	Área total * h	706,15 * 3,30	2330,30
PAFt	Área vidro/ área alvenaria	94,87 / 382,35	0,25
PAFo	PAFT da fachada oeste	32,70 / 104,53	0,35
FA	APcob/ Atot	706,15 / 706,15	1,00
FF	Aenv/Vtot	1088,50 / 2330,30	0,47
FS	Fator solar do vidro		0,87
Ucob	Transmitância cobertura		2,05
Upar	Transmitância parede		3,65
αcob	Absortância da cobertura		0,75
αpar	Absortância da parede		0,65
PAZ	Percentual de abertura zenital		Não possui
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento		18,52
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento		Não possui

Após a análise dos dados coletados no local em conjunto com os projetos recebidos, estes foram inseridos na plataforma WebPrescritivo, obtendo-se assim a certificação energética do sistema envoltória da escola, no qual atingiu nível "E" de eficiência energética. Essa classificação foi obtida em função da mesma não ter atendido aos pré-requisitos de transmitância térmica das paredes e cobertura, o que para a Zona Bioclimática 2 são considerados acima do exigido para a classificação "A".

Com relação ao sistema de iluminação, a NBR 5413 (1992), que apresenta os níveis mínimos de iluminância de acordo com as atividades a serem desenvolvidas em ambientes específicos, estabelece valores entre 300 e 750 lux para salas de aulas que possuam quadro negro, como é o caso da escola. Este estudo de caso será analisado de acordo com o método das áreas, pois possui até três atividades principais.

A partir do levantamento de carga, de iluminação de toda a edificação, verifica-se no RTQ-C (2013), qual o limite máximo aceitável de DPI de acordo com o nível de eficiência energética, para a atividade desenvolvida (Tabela 07).

Tabela 07: Limite máximo DPI

Edificação	DPIL – W/m² Nível A	DPIL – W/m² Nível A	DPIL – W/m² Nível A	DPIL – W/m² Nível A
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5

A área total iluminada da escola é de 706,15 m², esse valor é multiplicado pelo DPI, chegando-se às potências específicas para cada nível de eficiência energética (Tabela 08).

Tabela 08: Nível de eficiência energética de acordo com o cálculo de DPI

Cálculo DPI w/m²			
Nível A	Nível B	Nível C	Nível D e E
10,7	12,3	13,90	15,50
7555,80	8685,64	9815,48	10945,32

Baseado na Tabela 09, o nível de eficiência energética para o sistema de iluminação da escola é classificado como "A". A partir disso foram analisados os pré-requisitos de acordo com o RTQ-C (2013).

Tabela 09: Relação de pré-requisitos de acordo com o nível de eficiência energética

Pré-requisitos	
Divisão dos circuitos	Não atende
Contribuição da Luz natural	Não atende
Desligamento automático do sistema de iluminação	Não atende
Classificação	**D**

De acordo com a potência instalada, a edificação é classificada como nível "A" de eficiência, porém como não atende aos pré-requisitos exigidos pelo RTQ-C, a edificação obteve nível D de eficiência energética em relação ao sistema de iluminação.

A certificação do sistema de condicionadores de ar depende do nível de eficiência energética do equipamento instalado, aliado ao cumprimento dos pré-requisitos, que dizem respeito ao isolamento dos dutos de ar condicionado.

Com relação à escola objeto de estudo, os condicionadores de ar são do tipo Split e todos são etiquetados de acordo com o INMETRO. Os valores são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Levantamento de condicionadores de ar

Ar condicionado					
	BTU'S	Quantidade	Área	Potência	INMETRO
Salas de aula	9000	4	40,07	3,26	A – 5
	9000	2	53,63	3,26	A – 5
Apoio	12000	1	19,89	5,27	A – 5

Para o cálculo do nível de eficiência do sistema de condicionadores de ar, foram inseridos na plataforma WebPrescritivo a quantidade de condicionadores de ar que a edificação possui, e foram informados os valores referentes a área útil da edificação e a área condicionada. Com base nessas informações a escola foi classificada como nível "B" de eficiência, pois apesar dos condicionadores serem certificados pelo INMETRO, a edificação não atende ao pré-requisito de isolamento dos dutos, o qual define uma espessura de aproximadamente 2,5mm para o isolamento.

Após a avaliação dos três sistemas separadamente, os dados obtidos devem ser inseridos na equação da pontuação final. A Tabela 11, apresenta os resultados da classificação da escola, conforme os sistemas requeridos pelo RTQ – C.

Tabela 11: Pontuação final

Item	Classificação	Equivalente Numérico
Envoltória	E	1,0
Sistema de iluminação	D	2,0
Sistema de ar condicionado	B	4,0
APT		240,89 m²
ANC		177,69m²
EqNumV		1
Bonificações		0
Classificação Final	**D**	**2,74**

A certificação final da edificação atingiu o nível "D", este nível foi atingido, porque a transmitância térmica da parede, em função do material utilizado, mostrou um valor acima do recomendado para atingir

certificação nível “A”. No caso do sistema de iluminação e condicionadores de ar, a escola não atende a nenhum dos pré-requisitos, fatores que reduziram a classificação final da edificação.

4.1. Propostas de melhoria para a edificação

De acordo com a transmitância exigida para que a cobertura e as paredes alcancem o nível de classificação “A”, de acordo com o Procel Edifica, a Escola Dom José Gomes poderia adotar uma das seguintes propostas de acordo com a Tabela 12:

Tabela 12: Proposta de melhoria.

	Proposta	**Transmitância Térmica (W/m²K)**
Paredes (interna)	EPS 3cm + placa de gesso	0,90
	Lã de rocha 5cm + placa de gesso	0,80
Cobertura	Lã de rocha 7,5cm (entre a telha e a laje).	0,40

Para que as paredes alcancem a transmitância térmica adequada para o nível “A” de eficiência energética, a opção com isolamento em lã de rocha e acabamento em placas de gesso na parte interna da escola, seria a melhor opção para possibilitar a melhora do conforto térmico. No caso do telhado, a melhor opção seria a colocação de uma manta de lã de rocha entre a laje de cobertura e o telhado. Esta opção traria uma melhora no conforto térmico, e seria uma opção mais acessível, e não alteraria a rotina da escola.

A certificação de um espaço público construído, não é uma tarefa fácil, pois as soluções devem ser adequadas ao sistema construtivo existente, contudo, além de boas soluções estas devem ser viáveis financeiramente. As propostas para que a escola alcance o nível de eficiência desejada, atendem ao seguinte orçamento (Tabela 13) de acordo com os dados do SINAPI (2017).

Tabela 13: Orçamento paredes e cobertura.

Paredes	
Chapas de EPS + placa de gesso	R$ 8.062,89
Lã de rocha + placa de gesso	R$12.360,70
Cobertura	
Lã de rocha acima da laje de cobertura	R$ 17.667,87

Com relação ao sistema de iluminação, a proposta de adequação da escola baseia-se na troca das lâmpadas fluorescentes para lâmpadas tubulares de LED que trará vantagens econômicas para a escola.

Da mesma forma para obter classificação nível “A” de eficiência energética para o sistema de iluminação, poderia ser instalado um sistema de automação, que englobaria os três pré-requisitos do RTQ-C, fazendo uso da iluminação natural, divisão dos circuitos e desligamento automático, assim com a instalação de sensores de presença nos locais de pouca permanência.

Uma proposta que abrange tanto o sistema de iluminação quanto o sistema de condicionadores de ar é a elaboração de uma cartilha com medidas educativas, a qual informará a maneira correta de se utilizar o ar condicionado e a ventilação cruzada, tornando o uso mais eficiente e saudável. No caso do sistema de iluminação, poderá conscientizar os alunos a respeito de medidas simples como apagar as luzes ao sair do ambiente, ou desligar as lâmpadas durante o dia e com isso evitar o desperdício de energia.

O Procel educação, tem à disposição uma cartilha que trata sobre a preservação dos recursos naturais, que pode ser adaptada para ser utilizada na escola, também conta com materiais didáticos que podem ser utilizados para ensino de educação ambiental em todas as séries do ensino fundamental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto a questão norteadora desta pesquisa, foi possível concluir que a certificação energética da escola Dom José Gomes, traria benefícios sociais e econômicos para a escola e para o munícipio, pois, a adequação da mesma com o intuito de obter a certificação nível “A” de eficiência energética de acordo com o Procel Edifica, melhoraria o conforto térmico dos ambientes, o qual também será refletido no consumo de energia.

A partir deste artigo foi possível identificar que o nível de eficiência energética atual da escola Dom José Gomes foi “E” para o sistema da envoltória e “D” como classificação final. A partir disso, foi proposta a

adequação da mesma com o intuito de obter a certificação nível "A" de eficiência energética de acordo com o Procel Edifica, e assim melhorar o conforto térmico dos ambientes.

Assim como a presente pesquisa, o edifício escolar avaliado por Magnativa e Passos (2015) obteve nível "E" para o sistema de Envoltória, fato que se justificou pela elevada transmitância térmica da cobertura, que possuíam telhas de barro e sem forro em dois blocos da Escola Estadual. Estes dados evidenciam a falta de conhecimento ou descaso por parte do corpo técnico em fase de projeto, de se adequar a utilização de materiais com propriedades que sejam pertinentes ao clima onde se localiza a edificação.

Para que seja possível essa adequação, a Prefeitura Municipal de Passo Fundo tem à disposição o programa Escola Sustentável, que é um programa do governo federal através do Ministério da Educação, o qual tem disponível verba para que às escolas possam aprimorar a destinação de resíduos e melhorar a eficiência energética das edificações, além de possibilitar, durante o processo, a educação ambiental aos alunos.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT.1992.

AMORIN et al. **Avaliação do módulo educacional edifício Fiocruz – Brasília: Uso da luz natural e eficiência energética**. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2011. Búzios. **Anais...**

BRASIL. **Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Requisitos Técnicos da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C.** Brasil, 2010.

CARLO, Joyce C. **Desenvolvimento de metodologia de avaliação energética do envoltório de edificações não residenciais**. 2008, 215p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Estudos da Eficiência Energética**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível: http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil.pdf> Acesso em: 17/04/2017.

FERREIRA et al. Avaliação da eficiência energética do prédio da engenharia mecânica da UFPA utilizando o método prescritivo determinado pelo RTQ-C**.** In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA.2016. Fortaleza. ***Anais...***

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura Escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 272p. editora e cidade

LABEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – Software webprescritivo**. UFSC, Florianópolis.2016.

MAGNAVITA, M.R.A.P.; PASSOS, I.C.S. Avaliação Desempenho térmico e energético em escolas públicas: Análise quantitativa do centro educacional de pesquisa aplicada – CEPA em Maceió-AL. In: XIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2015. Campinas. ***Anais ...***

PROCEL EDIFICA. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações.** Rio de Janeiro. 2013a.

PROCEL. **Manual para Aplicação dos Regulamentos**: **RTQ-C e RAC-C**. Rio de Janeiro: Procel/Eletrobrás, 2013b.