

## **APLICAÇÃO DE PROCESSO DE ETIQUETAGEM A EDIFICAÇÃO ESCOLAR PADRÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**João Fernandes Júnior (1); Roberta Vieira Gonçalves Souza (2)**

(1) Arquiteto, Pós-graduado em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído, joaofernandesjunior@yahoo.com.br

(2) Dra. Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, robertavgs2@gmail.com; Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações

Rua Paraíba, 697, Funcionários, Belo Horizonte, MG, Tel.: (31) 3409-8801

### **RESUMO**

O presente trabalho segue uma abordagem conforme o Método Indutivo, dado que partindo de dados particulares chega-se a uma verdade geral: a Certificação da Edificação Escolar Padrão 3 Pavimentos (PE-3Pav) do Departamento de Obras Públicas do Estado de Minas Gerais (DEOP-MG). O procedimento consiste na aplicação do Método Prescritivo para etiquetagem do sistema de envoltórias da edificação com base no Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), bem como a verificação e adequação aos níveis de desempenho da NBR 15575, partes 1, 4 e 5. O trabalho visou analisar alternativas de projeto educacional que apresentem um bom comportamento frente às adversidades climáticas das diversas cidades e zoneamentos bioclimáticos em que vier a ser implantada, bem como o adequado atendimento à NBR15575 e ao RTQ-C. O desejado comportamento térmico da edificação pôde ser atingido a partir de adequadas soluções de projeto aliadas a decisões prudentes na escolha dos materiais e acabamentos.

Palavras-chave: Edificação Escolar Padrão, Desempenho Térmico, Etiquetagem, RTQ-C, NBR 15575.

### **ABSTRACT**

This work follows the Inductive Method approach, once particular data one arrives at a general truth: the Certification of a 3 Floors School Building Pattern (PE-3Pav) of the Public Construction Department of the Minas Gerais State (DEOP -MG). The procedure used in the present paper is the application of the Prescriptive Method for the labeling system of building envelopes based on the “Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos” (RTQ-C), as well as verification and adequacy levels of performance proposed by the Standard NBR 15.575, parts 1, 4 and 5. This work analysed alternative choices of educational projects with a good behavior with unfavorable climatic conditions of the various cities and bioclimatic zoning that were to be implemented, and adequately meet NBR15575 and RTQ-C. The desired thermal performance of the building could be reached from appropriate design solutions combined with prudent decisions in the choice of materials and finishes .

Keywords: School Building Standard, Thermal Performance, Labeling, RTQ-C, NBR 15575

## **1 INTRODUÇÃO**

A Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais apresenta unidades padrões de edificações escolares para a construção das novas escolas que são cotidianamente edificadas em todo o Estado. Em razão da obsolescência frente às normas construtivas vigentes e da necessidade de adequação aos novos e contemporâneos moldes do sistema educacional, os Padrões Escolares existentes (Padrão 4-98, Padrão 5/2000 e Padrão 3 Pavimentos – DEOP, 2012) estão passando por um processo de revisão e adequação dos projetos, lançando novíssimas possibilidades às futuras Escolas Estaduais mineiras com os novos padrões 4/2012, 5/2012 e finalmente o Padrão PE-3Pav: objeto de estudo deste artigo.

A padronização de uma edificação escolar a ser multiplicada por todo um Estado é uma solução que demanda alternativas que venham a viabilizar e minimizar eventuais problemas de adaptação a climas e terrenos diversos. Assim sendo, o presente trabalho vem revelar um estudo de caso arquitetônico de

edificação padrão de cunho educacional em Minas Gerais, cuja meta é a obtenção de um projeto que apresente um bom comportamento frente as adversidades climáticas das diversas cidades e zoneamentos bioclimáticos em que vier a ser implantada, bem como o adequado atendimento à NBR15575 (ABNT 2013). Buscando um marco que represente e apure os conceitos aplicados no projeto, o PE-3Pav será ainda submetido ao processo de Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) segundo a regulamentação do RTQ-C: Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (Ministério de Minas e Energia, 2010). A meta é atingir a etiqueta parcial de envoltória nível A para a totalidade dos municípios mineiros para esta tipologia de edificação.

## 2 OBJETIVO

Aplicar a NBR 15.575 (2008) (partes 1, 4 e 5) e o RTQ-C (2010) ao padrão escolar PE-3Pav do Estado de Minas Gerais de forma a avaliar soluções paramétricas que atendam ao melhor desempenho do edifício, em qualquer Zoneamento Bioclimático dentro do Estado.

## 3 MÉTODO

O processo de etiquetagem do Padrão Escolar PE-3Pav será sob a ótica do Método Prescritivo do RTQ-C aplicado sobre o Sistema de Envoltórias, buscando uma etiquetagem parcial da edificação uma vez que não serão considerados Iluminação Natural ou Condicionamento de Ar. As bonificações possíveis presentes na edificação (aquecimento solar, sistemas de uso racional de água, reaproveitamento de águas pluviais) também não serão considerados na pontuação da ENCE.

### 3.1 PE-3Pav: Nova Arquitetura

Dentre os Padrões Escolares conhecidos do Estado de Minas Gerais o estudo será focado sobre o Padrão Escolar 3 Pavimentos: PE-3Pav (Figuras 1 e 2). O novo projeto do Padrão PE-3Pav trabalhou uma arquitetura também com partido longitudinal assim como sua antiga e obsoleta versão. Visando um atendimento mais versátil da demanda o projeto acolhe distintas quantidades de alunos: se edificado apenas o Módulo Principal acolhe um total de 10 Salas de Aula; se acrescido pelo Módulo Ampliação, a capacidade aumenta em duas Salas de Aula e um Laboratório. O Primeiro Pavimento concentra o setor administrativo, recreio coberto, cozinha e áreas de serviços. Os pavimentos superiores se dedicam às atividades didáticas propriamente ditas: o Segundo Pavimento acolhe 4 Salas de Aula, Biblioteca e Laboratório de Informática e o Terceiro Pavimento apresenta outras 6 Salas de Aula e Laboratório. A interligação entre os pavimentos se dá por uma solução agrupada de rampas e escadas que fazem o fluxo entre os pavimentos de forma mais fluida e livre. Áreas técnicas, sanitários e prumadas hidráulicas num único bloco geram uma inteligente solução para a distribuição das instalações e tubulações.



Figuras 1 e 2: Simulação do novo Padrão PE-3Pav (Elaborado pelos autores).

A edificação buscou usufruir dos recursos naturais disponíveis, objetivando uma arquitetura que trouxesse maior Eficiência Energética e comportamento térmico adequado para seus usuários. Iluminação Natural foi buscada através da utilização de amplas aberturas. Ventilação Natural cruzada nos núcleos didáticos será uma constante, dadas aberturas posicionadas em paredes opostas, oferecendo uma ideal troca do ar interno. Fez-se uso de mecanismos de Gestão e Economia de Água: serão utilizados sistemas de

descarga com caixas embutidas e torneiras de acionamento automático com temporizador. Haverá Aproveitamento das Águas Pluviais: captadas pelas coberturas as águas serão conduzidas a um reservatório inferior para a irrigação de jardins e higienização dos pátios. A Iluminação Artificial será projetada de maneira a agir de forma complementar à iluminação natural, com linhas de comando independentes e paralelas às aberturas. Visando ainda a redução do consumo da energia elétrica da edificação, foi utilizado Sistema de Aquecimento Solar para a água destinada aos chuveiros dos vestiários de funcionários e cozinha.

Trabalhar com uma edificação padrão implica em não ter domínio sobre sua implantação, logo, trabalhar a insolação e ventilação do prédio segundo as condicionantes locais se torna crítico. Buscando melhorar esta situação propôs-se o uso de brises na fachada mais solicitada, de modo a reduzir a incidência solar crítica direta nos ambientes durante seus períodos de utilização (Figura 3).

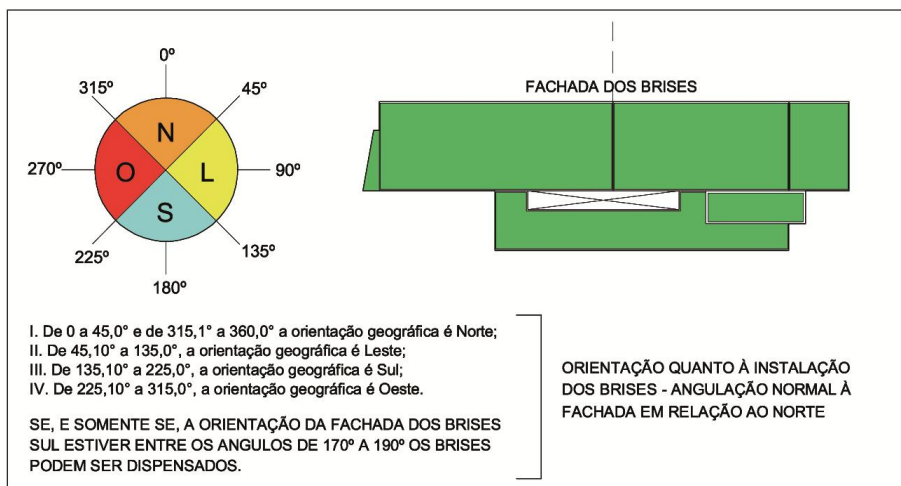
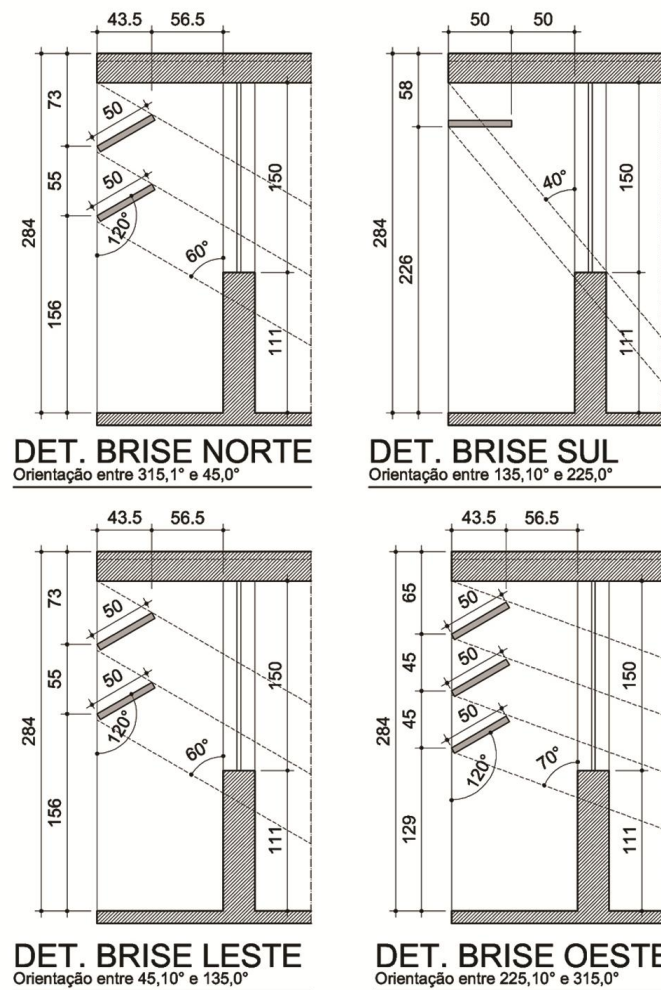


Figura 3: Brises adotados para o PE-3pav (Elaborado pelos autores).

O estudo dos brises veio a considerar Minas Gerais e suas amplas dimensões: foram verificadas as opções para as latitudes 14°Sul na austral Montalvânia, até 22°Sul em Extrema, a cidade mais setentrional do Estado. Apesar da variação considerável de latitude, o estudo dos brises apresentou pouca variação para as duas cidades, assim sendo, adotou-se uma latitude média a título de padronização a ser executada (Figura 3). Os brises propostos buscaram uma maior proteção entre 9 horas da manhã e 16 horas da tarde, trabalhando uma proteção integral durante o horário de funcionamento e períodos de insolação crítica durante todo o ano: não foi dispensada a consideração em períodos de aula mesmo durante o períodos típicos de férias dado que os calendários das escolas públicas estaduais estão, recorrentemente, desorganizados frente as greves escolares. Portanto, o projeto trabalhou com ângulos beta (direita e esquerda) de 17° e 24° e angulação alfa de 40°, 60° ou 70° (respectivas orientações Sul, Norte, Leste e Oeste). A escolha pela quantidade de brises e sua angulação varia conforme a orientação da fachada frente aos quadrantes identificados como Norte, Sul, Leste e Oeste. Foi verificado que, em virtude da solução arquitetônica adotada, se a orientação da fachada crítica se der para o azimute de 170° a 190°, o uso dos brises está dispensado. Esta economia se configura como um estímulo à adequada implantação da futura edificação.

### 3.2 Estudo das Envoltórias

A escolha dos materiais e componentes do PE-3Pav tomou como premissa o uso de materiais simples, de conhecimento apropriado e difundido e que estivessem de acordo com os Pré-Requisitos estabelecidos pelo RTQ-C e NBR15575. Desta forma, entender e controlar o comportamento térmico das envoltórias da edificação é a condicionante inicial a ser estabelecida neste estudo de etiquetagem proposto. As Tabelas 1 e 2 abaixo vem a transcrever o comportamento térmico desejado para as envoltórias da edificação conforme os zoneamentos bioclimáticos de Minas Gerais. Para tanto estão sendo considerados a Transmitância Térmica (U) e a Absortância da radiação solar ( $\alpha$ ). Saliente-se que o ZB8 foi desprezado por não se fazer presente no Estado; não veio a ser considerado qualquer condicionamento artificial para os valores de RTQ-C e os valores indicados estão de acordo com CT.

**Tabela 1: Comportamento das Paredes Externas**

ZON. BIOCL.	RTQ-C		NBR-15.575			
	U	$\alpha$	se U	logo $\alpha$	se U	logo $\alpha$
ZB1	1	-	<=2,5	-	<=2,5	
ZB2	1	-	<=2,5	-	<=2,5	
ZB3	3,7	0,5	<=3,7	<=0,6	<=2,5	<=0,6
ZB4	3,7	0,5	<=3,7	<=0,6	<=2,5	<=0,6
ZB5	3,7	0,5	<=3,7	<=0,6	<=2,5	<=0,6
ZB6	3,7	0,5	<=3,7	<=0,6	<=2,5	<=0,6
ZB7	2,5 a 3,7	0,5	<=3,7	<=0,6	<=2,5	<=0,6

(Elaborado pelo autor com base no RTQ-C, NBR 15.575. Para o RTQ-C foram utilizados os limites para nível A e, nas demais, o desempenho mínimo exigido).

**Tabela 2: Comportamento das Coberturas**

ZON. BIOCL.	RTQ-C		NBR-15.575			
	U	$\alpha$	se U	logo $\alpha$	se U	logo $\alpha$
ZB1	1	0,5	<=2,3	-	<=2,3	
ZB2	1	0,5	<=2,3	-	<=2,3	
ZB3	2	0,5	<=2,3	<=0,6	<=1,5	>0,6
ZB4	2	0,5	<=2,3	<=0,6	<=1,5	>0,6
ZB5	2	0,5	<=2,3	<=0,6	<=1,5	>0,6
ZB6	2	0,5	<=2,3	<=0,6	<=1,5	>0,6
ZB7	2	0,5	<=2,3	<=0,4	<=1,5	>0,6

(Elaborado pelo autor com base no RTQ-C, NBR 15.575. Para o RTQ-C foram utilizados os limites para nível A e, nas demais, o desempenho mínimo exigido).

O Padrão Escolar PE-3Pav vem trabalhando traçados característicos da arquitetura contemporânea, com a escala imponente de uma associação de volumes que juntos compõem um todo harmônico e equacionado. As materialidades eleitas levaram em consideração sua durabilidade, manutenibilidade e capacidade de reposição. As alvenarias serão revestidas em textura acrílica, nas cores palha em maior proporção, cinza médio e terracota. Concreto Aparente estará presente nos brises horizontais e alguns elementos estruturais como pilares e rampas.

Conhecidas as materialidades empregadas, para a obtenção dos valores de  $\alpha$  (absortância) seriam necessários proceder aos ensaios em laboratório especializado, o que não se aplicou neste trabalho acadêmico. Assim sendo, foram utilizados valores conhecidos de  $\alpha$  (absortância) obtidos no banco de dados do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído (LABCON, 2012) da Escola de Arquitetura da UFMG e na Tabela B2, Anexo B, Parte 2 da NBR15220-3 (2003).

### 3.3 Processo de Etiquetagem da Envoltória

A etiquetagem do Padrão Escolar PE-3Pav conforme o Método Prescritivo do RTQ-C aplicado sobre o

Sistema de Envolvórias (etiquetagem parcial) não considera Iluminação Natural ou Condicionamento de Ar ou quaisquer das bonificações para futuras pontuações. Assim sendo, as envoltórias analisadas (paredes externas e coberturas) seguirão o passo a passo exposto no RTQ-C, uma vez já atendidos previamente os requisitos de Transmitância Térmica, Absortância e metragem mínima (500m<sup>2</sup>). Por se tratar de uma edificação padrão com possibilidades de implantação em todos os sete zoneamentos bioclimáticos do estado de Minas Gerais, serão aplicados os cálculos dos Índices de Consumo da Envolvória (ICenv) de todos estes zoneamentos. Além disso, saliente-se que foi considerada a pior orientação solar da edificação para os procedimentos de cálculo: a fachada mais envidraçada voltada para o oeste.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Transmitâncias Paredes

O Padrão Escolar PE-3Pav será edificado em estrutura de concreto convencional, com vigas e pilares moldados *in loco*. Para a vedação optou-se pela utilização de tijolos cerâmicos de 19cm de espessura, revestidos externamente com reboco e pintura e, internamente, com gesso corrido aplicado diretamente sobre os tijolos.

Com base na NBR 15.220 parte 2 foram feitos os cálculos de modo a compreender o comportamento térmico das envoltórias, cálculos estes que podem ser verificados na Tabela 3 e na Figura 4. A Composição 1 (argamassa + tijolo + gesso) gerou o resultado  $U_{par}=1,93 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Esta Transmitância Térmica atende a todos os Zoneamentos em conformidade à NBR15.575, e, atende parcialmente à demanda dos Zoneamentos 3 a 7 segundo o RTQ-C, conforme elucida a Tabela 1.

Para os Zoneamentos 1 e 2 o insatisfatório resultado nos leva a criar uma nova opção de envoltória, a Composição 2 (Tabela 4 e Figura 5): trata-se do acréscimo de um isolante feito de Madeira e Isopor à Composição 1. Os Zoneamentos Bioclimáticos 1 e 2 tratam-se das cidades com temperaturas mais baixas, onde é desejável um maior isolamento térmico da construção. Como exemplo estão as cidades de Itajubá, São Lourenço e Poços de Caldas no Sul do Estado. A composição 2 gerou como resultado  $U_{par}=0,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ , que é satisfatório aos requisitos dos Zoneamentos 1 e 2, que demandam valores máximos de  $U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . O isolante proposto para os Zoneamentos 1 e 2 pode vir a se tornar de fácil e viável implantação na medida em que um painel de madeira e laminado melamínico se tornam apropriados e de bom uso a suporte das atividades didáticas como lousa ou mesmo base para fixação de cartazes. A manutenção ou substituição não requer investimentos significativos e pode facilmente ser apropriado pela escola.

**Tabela 3: Cálculo da Transmitância e Composição das Paredes da Composição 1**

PAREDE COMPOSIÇÃO 1: ARGAMASSA + TIJOLO + GESSO					
	e	$\lambda$	R	R.mat	A
ARGAMASSA	0,215	1,15	0,187	0,207	$(0,19 + 0,01 + 0,39) \times 0,01$
GESSO	0,01	0,5	0,02		
					0,0059
ARGAMASSA	0,025	1,15	0,0217	0,2117	$(0,018 \times 5) \times 0,39$
TIJOLO	0,19	1	0,19		
GESSO	0,01	0,5	0,02		
					0,0351
ARGAMASSA	0,025	1,15	0,0217	0,7567	$(0,025 \times 4) \times 0,39$
TIJOLO	0,09	1	0,09		
AR	0,1	0,16	0,625		
GESSO	0,01	0,5	0,02		
					0,039
Rt =	$A1 + A2 + A3 / (A1/R1) + (A2/R2) + (A3/R3)$				
Rt =	0,325447551				
Rse =	0,04				
Rsi =	0,13				
RT =	$Rse + Rt + Rsi =$				
	0,495447551				
U =	$1/RT =$				
	1,939487975				

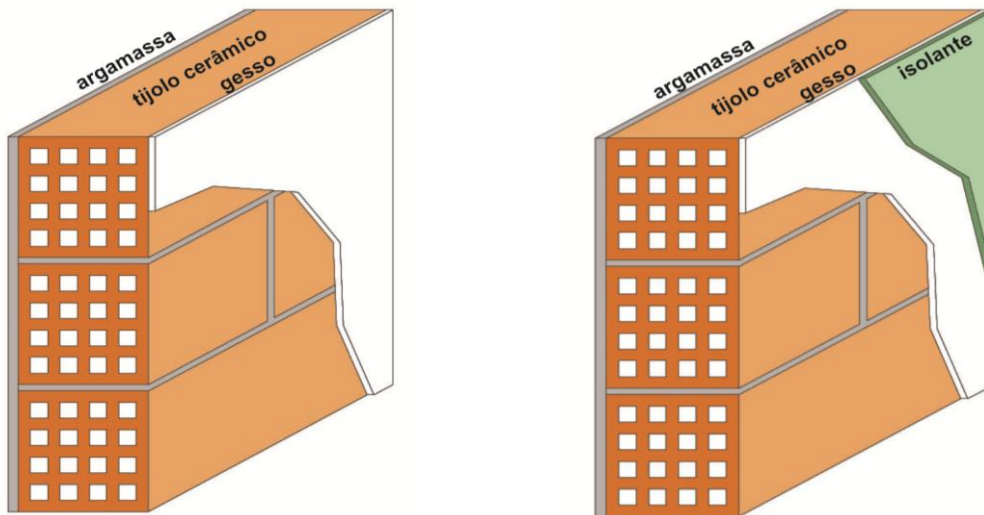
**Tabela 4: Cálculo da Transmitância e Composição das Paredes da Composição 2**

PAREDE COMPOSIÇÃO 2: ARGAMASSA + TIJOLO + GESSO + ISOLANTE					
	e	$\lambda$	R	R.mat	A
ARGAMASSA	0,215	1,15	0,187	0,7156	$(0,19 + 0,01 + 0,39) \times 0,01$
GESSO	0,01	0,5	0,02		
ISOPOR	0,01	0,04	0,25		
AGLOMERADO	0,015	0,058	0,2586		0,0059
ARGAMASSA	0,025	1,15	0,0217	0,7404	$(0,018 \times 5) \times 0,39$
TIJOLO	0,19	1	0,19		
GESSO	0,01	0,5	0,02		
ISOPOR	0,01	0,04	0,25		
AGLOMERADO	0,015	0,058	0,2586		0,0351
ARGAMASSA	0,025	1,15	0,0217	1,2654	$(0,025 \times 4) \times 0,39$
TIJOLO	0,09	1	0,09		
AR	0,1	0,16	0,625		
GESSO	0,01	0,5	0,02		
ISOPOR	0,01	0,04	0,25		
AGLOMERADO	0,015	0,058	0,2586		0,039
Rt =	$A1 + A2 + A3 / (A1/R1) + (A2/R2) + (A3/R3)$				
Rt =	0,925114902				
Rse =	0,04				
Rsi =	0,13				
RT =	$Rse + Rt + Rsi =$				
	1,095114902				
U =	$1/RT =$				
	0,91314619				

*e*= espessura do material componente / *l*=condutividade térmica do material componente / *R*= resistência térmica / *A*= área de influência de cada material componente / *RT*= resistência térmica total / *Rt*= resistência térmica interna / *Rse*= resistência da superfície externa / *Rsi*= resistência da superfície interna / *U*= transmitância térmica (fonte: NBR 15.220)

Fonte: Elaborado pelos autores





Figuras 4 e 5: Composição 1 e Composição 2 das paredes (Elaborado pelos autores).

## 4.2 Transmitâncias Coberturas

Uma vez conhecido o comportamento térmico das paredes externas, procedimento semelhante deve ser feito para as coberturas da edificação. As coberturas do PE-3Pav serão de laje maciça de concreto revestidas com gesso corrido na face interna. Acima da laje, colchão de ar e telhado com telhas tipo sanduíche (núcleo didático) e telhado de fibrocimento (bloco de circulação e sanitários). Procedidos os devidos cálculos (Tabela 5) obtêm-se uma transmitância de  $U_{cob}=0,89 W/m^2K$  (valor ponderado). Assim sendo, comparando o valor da Transmitância obtida para o sistema de coberturas com os pré-requisitos ilustrados na Tabela 2, verifica-se que a edificação atende satisfatoriamente a todos os zoneamentos bioclimáticos do estado de Minas Gerais, para ambientes não condicionados artificialmente.

Tabela 5: Cálculo da Transmitância das Coberturas

COBERTURA DE TELHA SANDUICHE					COBERTURA DE TELhado FIBROCIMENTO				
	e	$\lambda$	$R = e / \lambda$	$R.mat = \Sigma$		e	$\lambda$	$R = e / \lambda$	$R.mat = \Sigma$
TELHA SANDUICHE (aluminio)	0,05	230	0,00		TELhado FIBROCIMENTO	0,008	0,65	0,01	
TELHA SANDUICHE (poliuretano)	0,03	0,03	1,00		COLCHAO DE AR	0,4		0,21	0,310879
COLCHAO DE AR	0,55		0,21	1,29878882	LAJE DE CONCRETO	0,12	1,75	0,07	
LAJE DE CONCRETO	0,12	1,75	0,07		GESSO CORRIDO SOB LAJE	0,01	0,5	0,02	
GESSO CORRIDO SOB LAJE	0,01	0,5	0,02		<b>Rt =</b>	<b>R.se +</b>	<b>R.mat +</b>	<b>R.si</b>	
<b>Rt =</b>	<b>R.se +</b>	<b>R.mat +</b>	<b>R.si</b>		Rt =	0,04	1,30	0,17	
Rt =	0,04	1,30	0,17		Rt =	0,04	0,31	0,17	
		1,51			Rt =		0,52		
<b>U1=</b>	<b>1/Rt</b>				<b>U1=</b>	<b>1/Rt</b>			
U1=	0,662783				U1=	1,919831			
ÁREA COBERTURA (S1)=	421,8				ÁREA COBERTURA (S2)=	91,97			
<b>PONDERANDO:</b>	$S1U1 + S2U2 / S1 + S2$								
<b>U COBERTURA=</b>	0,887808								

Fonte: Elaborado pelos autores

## 4.3 Absortâncias

### 4.3.1 Paredes

O Tabela 6 na próxima página evidencia os cálculos envolvidos para a obtenção de  $\alpha$ , gerando o resultado  $\underline{\alpha}_{par}=0,41$  (valor ponderado), que é satisfatório aos pré-requisitos de todos os zoneamentos bioclimáticos de Minas Gerais, de absortância solar máxima de 0,5 conforme evidenciado na Tabela 1.

**Tabela 6: Cálculo das Absortâncias das Paredes**

CALCULO ABSORTÂNCIA ( $\alpha$ ) PAREDE							
cor / material	$\alpha$	FACHADA 1	FACHADA 2	FACHADA 3	FACHADA 4	ÁREAS TOTAIS	AREA X $\alpha$
cor pérola	0,32	201,40	122,50	101,20	92,40	517,50	165,6
cor cinza médio	0,42	16,90	0,00	28,50	0,00	45,40	19,068
cor terracota	0,74	0,00	0,00	268,20	28,01	296,21	219,1954
concreto natural	0,65	24,50	14,50	30,40	5,70	75,10	48,815
vidro incolor	0,06	199,20	3,40	1,70	0,00	204,30	12,258
		442,00	140,40	430,00	126,11	1138,51	464,9364
<b>LOGO: <math>\alpha</math> /área fachada =</b>						<b>0,41</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores com base no banco de dados LABCON (2012) e NBR 15.220 (2003).

#### 4.3.2 Coberturas

O satisfatório resultado de  $\alpha$  obtido para as vedações verticais também se repete para as coberturas, conforme pode ser verificado na Tabela 7. Apesar do Fibrocimento possuir uma alta absortância dada sua cor escura e mesmo escurecimento com o tempo, a área do mesmo é muito inferior à Telha Tipo Sanduiche utilizada no núcleo didático, onde o Alumínio Natural externo oferece bons índices para o balanço final onde  $\alpha_{cob}=0,31$  (valor médio), inferior ao limite de 0,5 para classificação nível A. Conforme verificado junto ao Tabela 2, o índice obtido atende aos pré-requisitos de todos os zoneamentos bioclimáticos do Estado.

**Tabela 7: Cálculo das Absortâncias das Coberturas**

CALCULO ABSORTÂNCIA ( $\alpha$ ) COBERTURAS					
COBERTURA DE TELHA SANDUICHE			COBERTURA DE TELHA FIBROCIMENTO		
ÁREA	421,8		ÁREA	91,97	m2
$\alpha$	0,2	(aluminio brilhante)	$\alpha$	0,82	(fibrocimento)
ÁREA X $\alpha$		84,36	ÁREA X $\alpha$		75,4154
$\alpha$ COBERTURA=	0,31				

Fonte: Elaborado pelos autores com base no banco de dados LABCON (2012) e NBR 15.220 (2003).

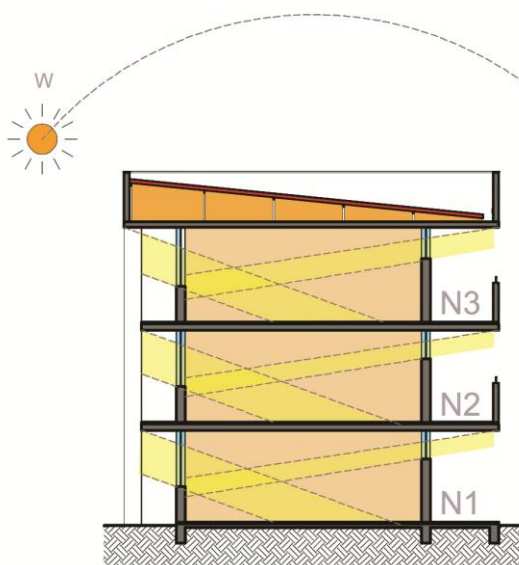
#### 4.4 Processo de Etiquetagem da Envoltória

A avaliação do Padrão Escolar PE-3Pav sob a ótica do Método Prescritivo do RTQ-C aplicado sobre o Sistema de Envoltórias, buscando uma etiquetagem parcial da edificação já que não serão analisados Iluminação Natural ou Condicionamento de Ar. As bonificações possíveis presentes na edificação (aquecimento solar, sistemas de uso racional de água, reaproveitamento de águas pluviais) também não serão considerados na pontuação da ENCE.

As envoltórias analisadas, paredes externas e coberturas, seguirão o passo a passo exposto no RTQ-C, uma vez já atendidos previamente os requisitos de Transmitância Térmica, Absortância e metragem mínima (500m<sup>2</sup>). Por se tratar de uma edificação padrão com possibilidades de implantação em todos os sete zoneamentos bioclimáticos do estado de Minas Gerais, serão aplicados os cálculos dos Índices de Consumo da Envoltória (ICenv) de todos estes zoneamentos. Além disso, saliente-se que foi considerada a pior orientação solar da edificação para os procedimentos de cálculo: a fachada mais envidraçada voltada para o oeste.

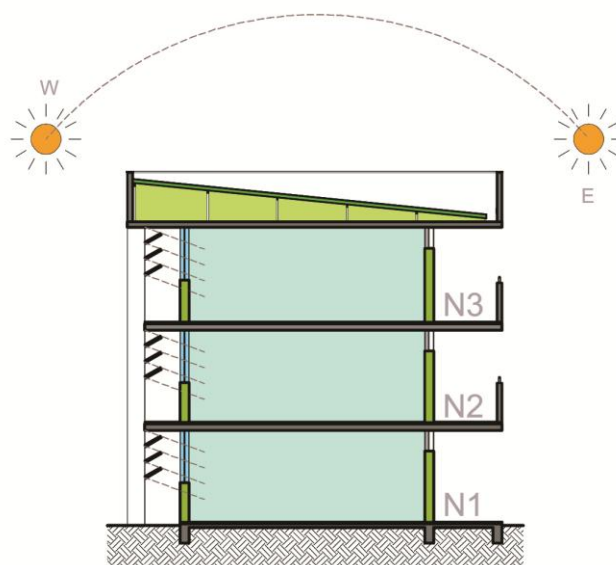
O processo de cálculo do ICenv permitiu que o projeto de arquitetura fosse manipulado, trabalhado e alterado com extrema facilidade e agilidade de modo acolher de modo mais satisfatório as exigências para se atingir um bom nível de classificação de acordo com o processo de etiquetagem. Resultados medianos num primeiro momento, por exemplo um D, puderam ser reavaliados e geraram um nível de classificação A com pequenas revisões arquitetônicas como a alteração dos vãos envidraçados, ou mudança do tipo de vidro ou ainda os ângulos de sombreamento proporcionado pelos brises, valores finais estes que foram apresentados na Tabela 8. O Padrão PE-3Pav, para obter melhores resultados, foi submetido a uma revisão do dimensionamento dos brises horizontais e a um acréscimo de cobogós às janelas da circulação, recursos que melhoraram os resultados das equações ao trabalhar valores de PAFt, AVS e AHS (Figura 6).

O procedimento inicial do processo de etiquetagem implica em conhecer e reconhecer as variáveis aplicáveis nas equações do ICenv. Conforme transcrito no RTQ-C, as variáveis estão elucidadas na Tabela 8. Uma vez conhecidas todas as variáveis, o cálculo do ICenv pode ser devidamente procedido conforme evidenciado na Tabela 9.



**SITUAÇÃO INICIAL**

Plano de Trabalho com insolação direta  
 Maiores temperaturas internas  
 Fachada W: vidro  
 Fachada E: vidro  
 PAFt: Porcentual Aberturas das Fachadas: 0,56  
 Paredes: Inadequados índices de Transmitância  
 Paredes: Inadequados índices de Absortância  
 Coberturas: Inadequados índices de Transmitância  
 Coberturas: Inadequados índices de Absortância  
 Etiqueta PBE Edifica: D (média zoneamentos)



**SITUAÇÃO FINAL**

Plano de Trabalho protegido: brises e cobogós  
 Menores temperaturas internas  
 Fachada W: vidro e brise  
 Fachada E: cobogó  
 PAFt: Porcentual Abertura Fachadas: 0,19  
 Paredes: Adequados índices de Transmitância  
 Paredes: Adequados índices de Absortância  
 Coberturas: Adequados índices de Transmitância  
 Coberturas: Adequados índices de Absortância  
 Etiqueta PBE Edifica: A (todos os zoneamentos)

Figura 6: Soluções de Projeto do PE-3Pav (Elaborado pelos autores)

**Tabela 8: Variáveis para as equações do ICenv**

VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR FINAL	UNID.
Ape	Área de projeção do edifício	513,77	m <sup>2</sup>
Atot	Área total construída	1.541,31	m <sup>2</sup>
Aenv	Área da envoltória	1.652,28	m <sup>2</sup>
Apcob	Área de projeção da cobertura	513,77	m <sup>2</sup>
AVS*	Ângulo Vertical de Sombreamento	41,33	-
AHS*	Ângulo Horizontal de Sombreamento	23,89	-
FF	Fator de Forma	0,38	-
FA	Fator Altura	0,33	-
FS**	Fator Solar	0,87	-
PAFt	Percentual. de Abertura na Fachada total	0,19	-
PAFo	Percentual de Abertura na Fachada Oeste	0,16	-
Vtot	Volume total da edificação	4.392,73	m <sup>3</sup>

\* Os ângulos de sombreamento AHS e AVS utilizados no cálculo do ICenv são o resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas. O AHS de cada abertura foi calculado como a média dos dois ângulos encontrados, um para cada lateral da abertura.

\*\* Fator Solar para vidro simples, espessura de 6mm = 0,87

Fonte: Elaborado pelos autores



Tabela 9: Cálculo do Índice de Consumo das Envoltórias

	AVS	AHS	FA	FF	FS	PAFt
	41,33	23,89	0,33	0,38	0,87	0,19
IC min	0,00	0,00	0,33	0,38	0,87	0,05
IC max	0,00	0,00	0,33	0,38	0,61	0,60

<b>ZB1</b>	ÁREA Ape > 500m <sup>2</sup>	<b>ICenv= 10,47 FA + 298,74FF + 38,41PAFt - 1,11FS - 0,11AVS + 0,24AHS - 0,54PAFt.AHS + 47,53</b>					
		ICenv= 168,46					
	FFmin=0,17	IC min= 164,34					
		IC max= 185,76					
		i=	<b>(IC max - IC min)/4</b>				
		i=	5,35				
	<b>ETIQUETA</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
	<b>A</b>	Lim. Min.	-	169,71	175,06	180,41	185,77
		Lim. Max.	169,70	175,05	180,40	185,76	-
			l <sub>cmax-3i</sub>	l <sub>cmax-2i</sub>	l <sub>cmax-i</sub>	l <sub>cmax</sub>	

<b>ZB2 ZB3</b>	ÁREA Ape > 500m <sup>2</sup>	<b>ICenv= - 14,14 FA - 113,94FF + 50,82PAFt + 4,86FS - 0,32AVS + 0,26AHS - 35,75/FF - 0,54PAFt.AHS + 277,98</b>					
		ICenv= 139,78					
	FFmin=0,15	IC min= 142,13					
		IC max= 168,82					
		i=	<b>(IC max - IC min)/4</b>				
		i=	6,67				
	<b>ETIQUETA</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
	<b>A</b>	Lim. Min.	-	148,82	155,49	162,16	168,83
		Lim. Max.	148,81	155,48	162,15	168,82	-
			l <sub>cmax-3i</sub>	l <sub>cmax-2i</sub>	l <sub>cmax-i</sub>	l <sub>cmax</sub>	

<b>ZB4 ZB5</b>	ÁREA Ape > 500m <sup>2</sup>	<b>ICenv= 511,12 FA + 0,92FF - 95,71PAFt - 99,79FS - 0,52AVS - 0,29AHS - 380,83.FA.FF + 4,27/FF + 729,20.PAFt.FS + 77,15</b>					
		ICenv= 198,59					
	FFmin=livre	IC min= 151,59					
		IC max= 360,06					
		i=	<b>(IC max - IC min)/4</b>				
		i=	52,12				
	<b>ETIQUETA</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
	<b>A</b>	Lim. Min.	-	203,72	255,84	307,95	360,07
		Lim. Max.	203,71	255,83	307,94	360,06	-
			l <sub>cmax-3i</sub>	l <sub>cmax-2i</sub>	l <sub>cmax-i</sub>	l <sub>cmax</sub>	

<b>ZB7</b>	ÁREA Ape > 500m <sup>2</sup>	<b>ICenv= - 69,48 FA + 1347,78FF + 37,74PAFt + 3,03FS - 0,13AVS - 0,19AHS + 19,25/FF + 0,04AHS/(PAFt.FS) - 306,35</b>					
		ICenv= 234,30					
	FFmin=0,17	IC min= 233,14					
		IC max= 253,11					
		i=	<b>(IC max - IC min)/4</b>				
		i=	4,99				
	<b>ETIQUETA</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
	<b>A</b>	Lim. Min.	-	238,15	243,14	248,13	253,12
		Lim. Max.	238,14	243,13	248,12	253,11	-
			l <sub>cmax-3i</sub>	l <sub>cmax-2i</sub>	l <sub>cmax-i</sub>	l <sub>cmax</sub>	

<b>ZB6 ZB8</b>	ÁREA Ape > 500m <sup>2</sup>	<b>ICenv= - 160,36 FA + 1277,29FF - 19,21PAFt + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16AHS + 290,25.FF.PAFt + 0,01.PAFt.AVS.AHS - 120,58</b>					
		ICenv= 309,24					
	FFmin=0,17	IC min= 313,47					
		IC max= 362,18					
		i=	<b>(IC max - IC min)/4</b>				
		i=	12,18				
	<b>ETIQUETA</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
	<b>A</b>	Lim. Min.	-	325,66	337,84	350,02	362,19
		Lim. Max.	325,65	337,83	350,01	362,18	-
			l <sub>cmax-3i</sub>	l <sub>cmax-2i</sub>	l <sub>cmax-i</sub>	l <sub>cmax</sub>	

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5 CONCLUSÃO

As edificações escolares padrão do estado de Minas Gerais em 2012 estão passando por um processo de revisão e requalificação dos seus projetos de forma a atender novas demandas normativas e atualizando-se frente aos contemporâneos métodos de produção do conhecimento no ambiente escolar. Dentre os padrões escolares existentes, o estudo de caso do Padrão Escolar PE-3Pav possibilitou avaliar sua arquitetura frente aos requisitos de desempenho e comportamento térmico da NBR15575 e RTQ-C. Atendidos os requisitos quanto ao comportamento de sua envoltória o projeto foi submetido ao processo de avaliação da Etiqueta PBE Edifica (Figura 7). Traçada a meta de certificação A para todos os Zoneamentos Bioclimáticos de Minas Gerais, as soluções de arquitetura e escolhas de projeto foram reavaliadas, revisadas e adequadas para que satisfatoriamente o A provável se tornasse um A possível e, finalmente, um A palpável.

Este trabalho consistiu num trabalho de monografia onde o arquiteto autor do projeto do PE-3Pav vinha trabalhando no projeto arquitetônico da edificação para o DEOP-MG e, simultaneamente, analisando o mesmo sob a ótica aqui apontada. Os resultados aqui apresentados puderam ser apropriados nesta edificação que é parte do acervo da Secretaria de Estado de Educação e em breve já começará a ser multiplicada pelas diversas cidades mineiras. Dentre as soluções de projeto apresentadas a única que não pode ser aplicada, neste momento, veio a ser o uso de cobogós de concreto em salas de aula: segundo o DEOP os mesmos não seriam muito eficazes na proteção a entrada de poeira e insetos, o que dificultaria o funcionamento e manutenibilidade da escola pública. Os brises foram adotados com louvor e mesmo vieram a ser incorporados em estudos de outros padrões escolares.

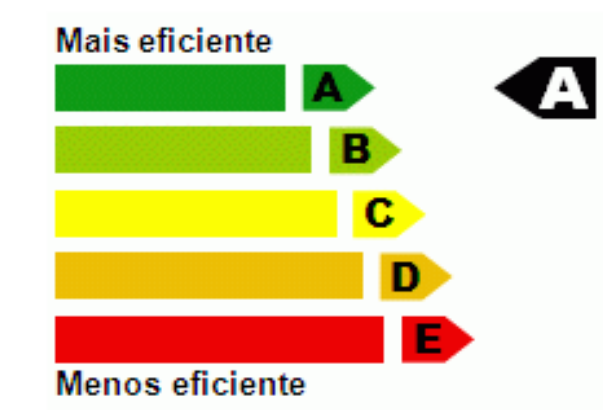


Figura 7: Resultado geral da Etiqueta PBE Edifica (Elaborado pelos autores com base em PROCEL Edifica)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.
- DEOP, Acervo de Projetos das Escolas Públicas Estaduais Padrão do Departamento de Obras Públicas do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- INSTITUTO Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. INMETRO – Portaria 372, setembro 2010.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA — Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética e Etiquetagem de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos — Brasília: 2010
- PROCEL EDIFICA – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (PROCEL EDIFICA).BARROSO-KRAUSE, C. Desempenho Térmico e Eficiência Energética em Edificações. Rio de Janeiro, PROCEL EDIFICA, agosto 2011.
- PROCEL EDIFICA – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (PROCEL EDIFICA).LONARDO, L.L.B. Eficiência Energética em Edifícios e Sustentabilidade no Ambiente Construído. Rio de Janeiro, PROCEL EDIFICA, agosto 2011.
- PROCEL EDIFICA – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (PROCEL EDIFICA).GONÇALVES, J.C.S.; VIANNA, N.S.; MOURA, N.C.S. Iluminação Natural e Artificial Rio de Janeiro, PROCEL EDIFICA, agosto 2011.
- PROCEL EDIFICA – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (PROCEL EDIFICA). SIMÕES, F.M. Acústica Arquitetônica. Rio de Janeiro, PROCEL EDIFICA, agosto 2011.
- LABCON, Banco de dados de absorvância solar medidos pelo laboratório. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído, Escola de Arquitetura da UFMG, Belo Horizonte, 2012.
- LABEEE : Disponível em < <http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem>>. Acesso em 15.nov.2012.
- PROCEL ELETROBRAS: Disponível em < <http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em 10.set.2012.