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

O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIO ESCOLAR: BARREIRAS E PERSPECTIVAS PARA O CONFORTO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ana Carolina Pussi de Brito (1); Carolina Moreira Barbosa de Brito (2); Vívian Maurer Bortolotto (3); Caio Frederico e Silva (4); Cláudia Naves David Amorim (5)

(1) Arquiteta e Urbanista, M.Sc, Universidade Estadual de Maringá - UEM, ana.brito@fnde.gov.br
(2) Arquiteta e Urbanista, Universidade de Brasília - UnB, carolina.brito@fnde.gov.br
(3) Arquiteta e Urbanista, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, vivian.bortolotto@fnde.gov.br
(4) Professor doutor, FAU - Universidade de Brasília - UnB, caiosilva@unb.br
(5) Professora doutora, FAU - Universidade de Brasília - UnB, clamorim@unb.br
Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, Coordenação de Desenvolvimento e Análise de Infraestrutura, Setor Bancário Sul, Quadra 2, Bloco F, Brasília - DF, 70070-929, Tel.: (61) 2022-5034

RESUMO

Este artigo tem o objetivo de apresentar as barreiras e perspectivas do processo de projeto desenvolvido pela equipe técnica de arquitetura do Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação - FNDE, autarquia vinculada ao Ministério da Educação, em parceria com pesquisadores da Universidade de Brasília - UnB. O contexto deste trabalho fundamenta-se pelo atendimento à Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para edificações comerciais, de serviços e de uso público, por meio do exemplo da avaliação de projeto de edifícios escolares que contemplem as oito zonas bioclimáticas brasileiras. Apresenta-se como exemplo a iniciativa de avaliar o desempenho de um projeto padrão de uma Unidade de Ensino Fundamental, desenvolvido em três configurações (cinco salas térreo, nove salas térreo e nove salas em dois pavimentos). O método do trabalho parte da realização de consultorias e documentos técnicos que registram todo o processo de avaliação do projeto padrão, na busca pelo atendimento à Etiqueta Geral A, e do maior grau de conforto térmico para os usuários da escola, por meio da análise prescritiva e análise do condicionamento ambiental, por simulação computacional no *software* DesignBuilder. Os resultados registram por meio de diretrizes projetuais os avanços obtidos por meio da melhoria do projeto padrão. Os dados obtidos demonstram a relevância de considerar estudos, avaliações e análises técnicas no processo de desenvolvimento do projeto padrão, e sinaliza alternativas para melhorias na infraestrutura escolar. Conclui-se que o projeto padrão precisa ser adaptado para, no mínimo, três versões distintas para que atenda as especificidades climáticas das zonas bioclimáticas brasileiras.
Palavras-chaves: edifício escolar, projeto padrão, conforto térmico, eficiência energética, processo de projeto.

ABSTRACT

This article aims to present the barriers and perspectives of the design process developed by the technical team of the architecture of the National Fund for the Development of Education - FNDE, an agency linked to the Ministry of Education, in partnership with researchers from the University of Brasilia - UnB. This context follows the searching for compliance of the National Energy Conservation Label for commercial buildings, services, and public use, through design evaluation of school buildings that contemplate the eight Brazilian bioclimatic zones. An example is an initiative to evaluate the performance of an Elementary School Unit standard design, developed in three configurations (five ground-floor classrooms, nine ground-floor classrooms, and nine classrooms on two floors). The method is based on consulting and technical documents that record the entire evaluation process of the standard design, in the search for the Energy Label A, and the highest degree of thermal comfort for school users, through the prescriptive and environmental conditioning analysis by computer simulation trhough DesignBuilder software. The results showed that the design guidelines greatly influence comfort conditions and bring significant improvements to the standard design.

The data confirm the relevance of considering studies, evaluations, and technical analysis in the development process of the standard design and indicates alternatives for improvements in school infrastructure. The conclusion is that the standard design needs to be adapted to at least three different versions to attend the climatic specificities of Brazilian bioclimatic zones
Keywords: school building, standard design, thermal comfort, energy efficiency, design process.

1. INTRODUÇÃO

O processo de projeto com vistas ao conforto térmico e à eficiência energética é objeto de política pública brasileira. Em contrapartida, a padronização dos projetos enfrenta barreiras técnicas e operacionais na adequação às diferentes realidades climáticas do país. Neste sentido, o Ministério da Educação lançou o Plano de Desenvolvimento da Educação (BRASIL, 2007), quando em conjunto com estados, municípios e o Distrito Federal, disponibilizou instrumentos eficazes de avaliação e implementação de políticas públicas que visam a melhoria da qualidade da educação no Brasil, sobretudo da educação básica. Neste contexto é importante destacar a utilização do Plano de Ações Articuladas - PAR que apresenta indicadores definidos a partir do diagnóstico e planejamento local, consolidados anualmente, para quatro dimensões: (1) Gestão educacional; (2) Formação de professores, dos profissionais de serviço e apoio escolar; (3) Práticas pedagógicas e de avaliação, e (4) Infraestrutura física e recursos pedagógicos.

Dentro da quarta dimensão, entre outras ações, é possível que os entes federados solicitem apoio para construção de unidades de educação. Neste caso, o proponente pode apresentar um projeto próprio ou optar pelo projeto padrão FNDE. Desde 2007, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) já apoiou 5.771 obras para escolas de ensino fundamental, destas 4.997 são projetos padrão FNDE.

O projeto padrão FNDE surgiu da necessidade de oferecer aos entes federados, que frequentemente não possuem equipe especializada para o desenvolvimento de projeto próprio, a possibilidade de dispor de um projeto que atenda aos requisitos mínimos para o bom funcionamento de uma edificação escolar. No entanto, a padronização gera uma grande dificuldade de atender questões relacionadas ao conforto térmico, devido à implantação das obras em todo o território nacional. Neste contexto, muitas pesquisas abordam a problemática do processo de projeto e sua estandardização (PERILLO et al, 2017). Dentre elas, alguns pesquisadores focam na qualidade ambiental do ambiente escolar como requisito básico para a qualidade no ensino.

A literatura sobre projetos escolares é vasta na discussão sobre a relação entre desempenho pedagógico e conceitos de qualidade do projeto e suas características construtivas (KOWALTOWSKI, 2011a; KOWALTOWSKI, 2011b; MULLER, 2007; SOUZA, 2018). A padronização de projetos apresenta vantagens como a racionalidade construtiva e de ordem econômica (GODOI, 2010), porém amplia os problemas relacionados ao conforto ambiental. Para a gestão pública, o projeto padrão se apresenta como uma solução eficiente devido a necessidade de atendimento em grande escala e para o controle, fiscalização e monitoramento da execução de obras. A carência de equipe técnica especializada – especialmente nos municípios com menos de 20 mil habitantes, que somam 73% dos municípios brasileiros –, e a diminuição de custos e prazos tornam o projeto padrão uma alternativa satisfatória para acelerar o processo de construção de obras públicas.

Os projetos padronizados são desenvolvidos de modo a atender os requisitos e critérios de desempenho de segurança, habitabilidade e sustentabilidade dos *Cadernos Técnicos de Desempenho de Edificações Escolares de Ensino Público*, e os parâmetros técnicos para os diversos ambientes escolares estabelecidos pelos *Manuais de Orientações Técnicas* do FNDE. Essas publicações reúnem conteúdo técnico para a melhoria de qualidade da construção e do uso do espaço físico do ambiente escolar e contemplam recomendações, parâmetros e critérios fundamentais para a garantia de padrões satisfatórios de funcionamento de edificações escolares (FNDE, 2017).

De toda forma, os projetos padronizados não apresentam diferenciações no desenho arquitetônico e são disponibilizados para implantação em todo o território nacional, o que resulta em modelos com inadequações que desconsideram as variáveis climáticas. A falta de flexibilidade, as dificuldades de implantação e a falta de atendimento às especificidades locais constituem entraves para a adequação ambiental e climática, e consequentemente impactos na qualidade do ambiente construído com inerentes impactos pedagógicos.

O FNDE desenvolve e atualiza permanentemente os projetos padronizados oferecidos aos entes federados, enquanto assistência técnica e em consonância com as normas técnicas e políticas pedagógicas disseminadas pelo Ministério da Educação. Tal arcabouço visa dar celeridade às construções escolares,

mantendo os padrões construtivos mínimos, bem como as condições de sustentabilidade, segurança, estanqueidade, conforto e economicidade (FNDE, 2017).

Inserido neste contexto, o objeto de estudo deste trabalho se refere a um modelo de projeto padrão FNDE para uma Unidade de Ensino Fundamental, onde são propostas 3 configurações arquitetônicas. É importante destacar que o FNDE necessita avaliar o nível de eficiência energética destes projetos, segundo o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética – RTQ, endossado pela Instrução Normativa nº 02, de 04 de julho de 2014. Este normativo expressa, em seu Capítulo III, Artigo 50, que os projetos de edificações públicas federais novas devem ser desenvolvidos ou contratados visando o melhor nível de eficiência energética - a Etiqueta A.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar dificuldades e alternativas do processo de projeto de arquitetura padrão, para que o produto final oferecido pelo FNDE possa atender os entes federados de forma mais efetiva no que se refere ao conforto dos usuários no ambiente construído e no atendimento de níveis satisfatórios de eficiência energética.

3. MÉTODO

Este trabalho foi desenvolvido em conjunto com pesquisadores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília - FAU/UnB a partir de estudo técnico de avaliação do nível de eficiência, bem como otimizar a qualidade do projeto arquitetônico por meio de especificações técnicas que orientem sua implantação conforme os diferentes tipos climáticos brasileiros.

De modo mais detalhado, a equipe de desenvolvimento de projetos escolares do FNDE buscou alternativas por meio da realização de consultorias e avaliações técnicas que visam, ainda, o atendimento dos requisitos da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Assim, este estudo pretende, por meio da avaliação de desempenho termoenergético, aprimorar o potencial do projeto padrão e oferecer maior conforto dos usuários mediante recomendações construtivas e estratégias projetuais.

Para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas as seguintes etapas:

1. Caracterização e análise do projeto da Unidade de Ensino Fundamental - projeto padrão FNDE;
2. Análise prescritiva e simulações computacionais de desempenho termoenergético.

3.1. Caracterização e análise do projeto da Unidade de Ensino Fundamental - projeto padrão FNDE

O projeto da Unidade de Ensino Fundamental constitui um modelo de projeto padrão FNDE e foi desenvolvido em 3 configurações, para atendimento de diferentes demandas de usuários, sendo elas:

- Unidade de Ensino Fundamental térreo com 5 salas de aula – capacidade para 180 alunos (Figura 1);
- Unidade de Ensino Fundamental térreo com 9 salas de aula – capacidade para 324 alunos (Figura 2);
- Unidade de Ensino Fundamental com 9 salas de aula em dois pavimentos – capacidade para 324 alunos (Figura 3).

O complexo é composto por uma setorização de conjuntos funcionais – administrativo, serviços, esportivo, higiene e pedagógico – e previsão dos principais fluxos e circulações.





Figura 1 – Modelo Implantação 5 salas de aula térreo. Figura 2 – Modelo Implantação 9 salas de aula térreo.



Figura 3 – Modelo Implantação 9 salas de aula em dois pavimentos.

A concepção do projeto foi fundamentalmente baseada em parâmetros pedagógicos e no programa de necessidades, elaborado com base no número de usuários e nas necessidades operacionais da unidade, a fim de proporcionar uma vivência completa da experiência educacional adequada à faixa etária em questão (FNDE, 2017).

O projeto do edifício escolar apresenta conjuntos funcionais com estrutura de concreto e alvenaria convencional, circulações e coberturas em estrutura metálica. Os materiais e acabamentos são padronizados e especificados de acordo com requisitos de uso, operação e manutenção.

Os blocos pedagógicos, ambientes de maior permanência, são compostos por salas de aula com 68,38m², todas com ventilação cruzada (Figura 4). Estes blocos possuem nas fachadas externas previsão de jardim vertical, brise vertical em alvenaria de 0,80m, beiral de 0,60m e uma membrana de sombreamento do tipo chapa metálica perfurada com altura de 1,50m. As paredes internas possuem espessura de 0,15m e as externas de 0,20m e como alternativa à execução de laje de concreto, as salas possuem forro mineral e cobertura de telhas compostas de camadas com isolamento térmico e sonoro a partir do preenchimento em PIR (espuma rígida de poliisocianurato), com espessura de 0,03m (Tabela 1).

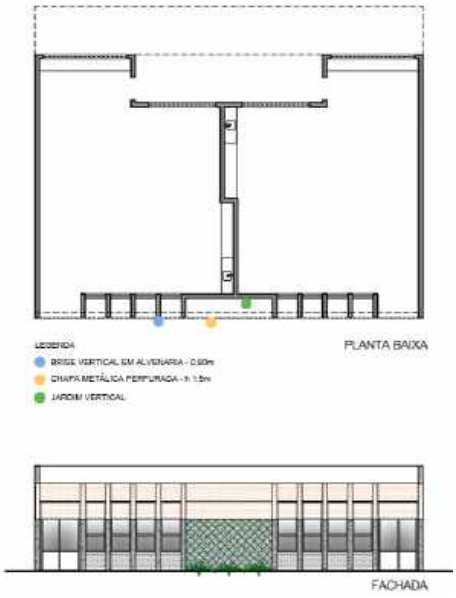

Figura 4 – Modelo de sala de aula: projeto padrão para Unidade de Ensino Fundamental.

Tabela 1 – Diretrizes construtivas: projeto padrão para Unidade de Ensino Fundamental.

Categoria		**Diretrizes**
Implantação	Eixo preferencial de orientação do bloco de salas de aula	Norte-Sul
Edifício	Revestimentos internos	padrão - parede com pintura
Cobertura	Transmitância térmica	1,00 W/m²K
	Tipo de telha	Telha termoacústica 0,03m
Aberturas	Fator solar do vidro	0,87

Brises	Dimensão	0,80 m
Sombreamento	Membrana de sombreamento	35% da área de abertura - Taxa de opacidade: 60%

3.2. Análise prescritiva e simulações computacionais de desempenho termoenergético

A partir do projeto de arquitetura do projeto padrão e da análise de suas características e diretrizes construtivas, para viabilizar progressos nos índices de conforto ambiental, o projeto de arquitetura foi avaliado com a supervisão e consultoria técnica de especialistas da Universidade de Brasília, que atuaram na simulação termoenergética do modelo de projeto padrão. O intuito é incorporar ao edifício melhorias em seu desempenho para a adequação às diferentes regiões do país e para o atendimento aos normativos públicos; propõe-se a estruturação de novas medidas e ações no modelo operacional de apoio à construção de unidades de educação pelo FNDE.

Este trabalho se fundamenta na análise da eficiência da energética da envoltória pelo método prescritivo da etiquetagem e pela análise do condicionamento ambiental por meio da análise por simulação computacional do Percentual de Horas Ocupadas em Conforto - POC, realizadas pelos pesquisadores da FAU/UnB.

A análise prescritiva do sistema de envoltória exige uma avaliação do projeto arquitetônico do edifício escolar. Visto que os projetos das 3 configurações apresentam conjuntos funcionais em blocos separados, desenvolveu-se todo o processo de etiquetagem para um bloco, como orienta o *Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética para edifícios comerciais, de serviço e públicos – RTQ-C*. As 3 configurações são variações do mesmo projeto, assim, os blocos dos conjuntos funcionais se repetem nas 3 versões.

Para a realização da etiquetagem pelo método prescritivo é necessária a extração dos dados de projeto, conforme define o *RTQ*. Para a análise do POC foram realizadas simulações computacionais no *software DesignBuilder* v.5.4. O programa calcula as cargas de aquecimento e resfriamento utilizando o método "balanço de calor" aprovado pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* - ASHRAE e implementado pelo *EnergyPlus*.

4. RESULTADOS

4.1. Agrupamento das zonas bioclimáticas brasileiras

O projeto arquitetônico padrão, objeto de análise, foi avaliado para diferentes zonas bioclimáticas, no intuito de definir diretrizes gerais que potencializem o conforto térmico. São assumidas neste estudo as características definidas pela ABNT NBR 15220-3 que apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro com diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Justifica-se o uso desta normativa pela ausência de normativos específicos para análise de desempenho térmico e de conforto ambiental para edifícios escolares. A norma subdivide o território em 8 diferentes zonas bioclimáticas.

Com base nas avaliações e simulações, as 8 zonas bioclimáticas foram agrupadas em 3 famílias que apresentam condições climáticas semelhantes. Cada família é representada por uma cidade de referência; a tabela 2 apresenta o resultado deste agrupamento. A partir disso, recomendações construtivas foram incorporadas ao projeto padrão para atendimento a cada família.

Tabela 2 – Zonas bioclimáticas agrupadas em famílias.

Zonas Bioclimáticas	Família	Cidade Representativa	Caracterização
Zonas 1 e 2	**Família A**	Curitiba	Cidades caracterizadas pela presença de inverno rigoroso
Zonas 3,4,5 e 6	**Família B**	Brasília	Cidades caracterizadas com verão e inverno
Zonas 7 e 8	**Família C**	Salvador	Cidades caracterizadas pela ausência de inverno

Fonte: Os autores (2019).

4.2. Elaboração de recomendações para otimização de desempenho

A partir das análises realizadas e validadas pelo grupo de pesquisadores da UnB, especialmente a partir da análise do POC por meio de simulação computacional, foram elaboradas recomendações de projeto para a maximização do conforto térmico e indicação de estratégias para a obtenção da Etiqueta A. O projeto foi simulado para a pior situação de implantação, com as salas de aula orientadas para oeste.

Para cada versão de projeto, que representa, respectivamente, uma família bioclimática, foram avaliados diferentes cenários, com estratégias e diretrizes construtivas. Essas diretrizes se organizam em

categorias: implantação, características dos elementos de envoltória (edifício e cobertura), aberturas e ventilação, brises e sombreamento (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultado do POC em diferentes cenários para diferentes zonas climáticas.

Cenário	Projeto	Características	Família A	Família B		Família C	
			ZB 1 e 2	ZB 3	ZB 4	ZB 8	ZB 7
Cenário 0	Projeto Padrão	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=1,00 W/m²k FS = 0,87 | α PAR = 0,5	90	84	77	31	29
Cenário 1	Redução do FS do vidro	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=1,00 W/m²k FS = 0,69 | α PAR = 0,5	90	85	78	31	29
Cenário 2	Inserção de isolamento interno (MDF de 2cm, distante 3cm da parede)	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=1,00 W/m²k FS = 0,69 | α PAR = 0,5	87	82	72	30	28
Cenário 3	Envoltória clara; Redução do FS do vidro	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=1,00 W/m²k FS = 0,43 | α PAR = 0,3	92	89	84	42	36
Cenário 4	Envoltória clara; Redução do FS do vidro; Revestimento interno em MDF	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=1,00 W/m²k FS = 0,43 | α PAR = 0,3	93	91	88	45	38
Cenário 5	Inserção de venezianas para ventilação de cobertura	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=0,63 W/m²k FS = 0,43 | α PAR = 0,3 Cobertura ventilada Chapa perfurada 100%	-	-	-	67	60
Cenário 6	Inserção de brises horizontais e cobertura ventilada	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=0,63 Wm²k FS = 0,43 | α PAR = 0,3	-	-	-	74	64
Cenário 7	Aproximação da chapa perfurada às aberturas, distante 30 cm	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=0,63 W/m²k FS = 0,69 | α PAR = 0,5	92	88	83	-	-
Cenário 8	Cobertura ventilada	UPAR=1,45 W/m²k UCOB=0,63 W/m²k FS = 0,43 | α PAR = 0,5	-	-	-	89	78

Fonte: Os autores (2019).

Recomenda-se para todas as zonas bioclimáticas brasileiras, orientar o bloco de salas de aula no sentido norte-sul, e adotar paredes com transmitância térmica de até 1,45W/m²K, resultante do modelo de referência utilizado nas simulações computacionais. Os resultados mostram que o projeto padrão obtém etiqueta A somente para as zonas 1, 2 e 3 com valores de POC entre 84 e 90%. Para a família A (zonas 1 e 2), além da orientação norte-sul, a implantação do bloco de salas de aula no sentido leste-oeste também pode ser adotada sem prejuízo ao conforto térmico. Para este grupo, as recomendações se concentram na redução da transmitância de paredes e cobertura – empregando a transmitância de cobertura de até 0,50 W/m²K – garantindo isolamento no período do inverno e acréscimo de uma camada nova ao revestimento interno de paredes (madeira), utilização de fator solar menor nos vidros e na diminuição dos ângulos de sombreamento a partir da redução da dimensão dos brises (Tabela 4). Como diretrizes para aplicação no projeto, indica-se a utilização de revestimento interno em MDF nas paredes externas e uso de telhas com espessura de 0,05m. Para esta família, os brises verticais em alvenaria devem ser menores, da ordem de 0,3m, mantendo a chapa perfurada com 35% da área de abertura, com taxa de opacidade de 60%, conforme verifica-se na figura 5. O cenário com a utilização dessas diretrizes possibilita valores de POC de 92% e alcance da etiqueta A para as zonas 1 e 2, família A.

Tabela 4 – Diretrizes para a Família A.

Categoria		Diretrizes
Implantação	Eixo preferencial de orientação do bloco de salas de aula	Norte-Sul Leste-Oeste
Edifício	Revestimentos internos	Acréscimo de Madeira (MDF) nas paredes externas
Cobertura	Transmitância térmica	0,50 W/m²K
	Tipo de telha	Telha termoacústica 0,05m

Aberturas	Fator solar do vidro	0,69 ou menor
Ventilação	Estratégia de cobertura ventilada	não existente
Brises	Dimensão	0,30 m
Sombreamento	Membrana de sombreamento	35% da área de abertura - Taxa de opacidade: 60%

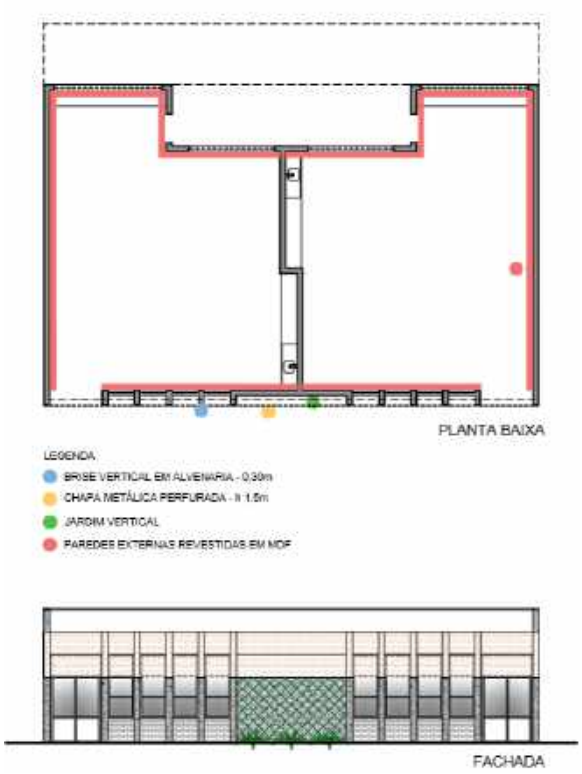

Figura 5 – Modelo sala de aula - família A.

Para a família bioclimática B, o projeto padrão apresenta valores de POC entre 77 e 84%. As recomendações para esta família concentram-se na redução da transmitância de cobertura, no sombreamento de aberturas e diminuição do fator solar dos vidros (Tabela 5). As características construtivas da envoltória original do projeto padrão com a utilização de brises verticais e membrana de sombreamento do tipo chapa metálica perfurada serão mantidas para esta família climática (Figura 6). Os resultados mostram que com a adoção dessas diretrizes é possível adotar a etiqueta A e valores de POC de 88% para as zonas bioclimáticas 3, 4, 5 e 6.

Tabela 5 – Diretrizes para a Família B.

Categoria		**Diretrizes**
Implantação	Eixo preferencial de orientação do bloco de salas de aula	Norte-Sul
Edifício	Revestimentos internos	padrão - parede com pintura
Cobertura	Transmitância térmica	1,00 W/m²K
	Tipo de telha	Telha termoacústica 0,03m
Aberturas	Fator solar do vidro	0,69 ou menor
Ventilação	Estratégia de cobertura ventilada	não existente
Brises	Dimensão	0,80 m
Sombreamento	Membrana de sombreamento	35% da área de abertura - Taxa de opacidade: 60%

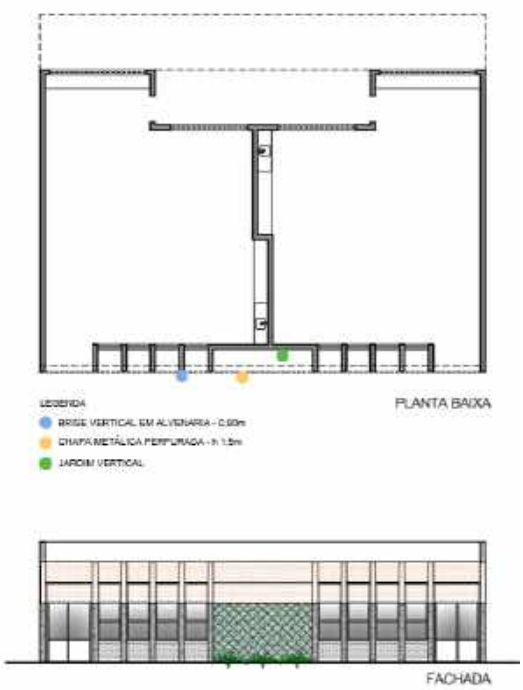

Figura 6 – Modelo sala de aula - família B.

As zonas climáticas 7 e 8, que compõem a família C, apresentaram os índices mais desfavoráveis para avaliação do projeto padrão, com índice de POC em torno de 30%, o que é esperado diante da característica climática típica dessas zonas. Nas localidades onde os valores de temperatura externa média são elevados, superior ao limite do conforto humano, torna-se mais difícil garantir níveis dentro da faixa de conforto utilizando-se apenas recursos naturais (FROTA, 2007). As recomendações para este grupo sugerem o sombreamento maior das aberturas e a possibilidade de ventilação da cobertura (Tabela 6). Como diretrizes para aplicação no projeto, indica-se o uso de telhas com espessura de 0,03m, a utilização de cobertura ventilada por meio de aberturas com venezianas, diminuição do fator solar do vidro, brises verticais em alvenaria com 0,8m e o aumento da membrana de sombreamento com o cobrimento total da área de abertura, conforme verifica-se na figura 7. Para esta família bioclimática, somente com a combinação de várias estratégias como vidros com menor fator solar, aumento de elemento de proteção solar e ventilação na cobertura, é possível se obter etiqueta A para a zona 8 e POC de 89% e etiqueta B para a zona 7, com POC de 78%. Nesse caso, para obtenção da etiqueta A é necessário utilizar pontuação proveniente de bonificação.

Tabela 6 – Diretrizes para a Família C.

Categoria		**Diretrizes**
Implantação	Eixo preferencial de orientação do bloco de salas de aula	Norte-Sul
Edifício	Revestimentos internos	padrão - parede com pintura
Cobertura	Transmitância térmica	1,00 W/m²K
	Tipo de telha	Telha termoacústica 0,05m
Aberturas	Fator solar do vidro	0,43 ou menor
Ventilação	Estratégia de cobertura ventilada	aberturas com venezianas para ventilação
Brises	Dimensão	0,80 m
Sombreamento	Membrana de sombreamento	100% da área de abertura - Taxa de opacidade: 60%

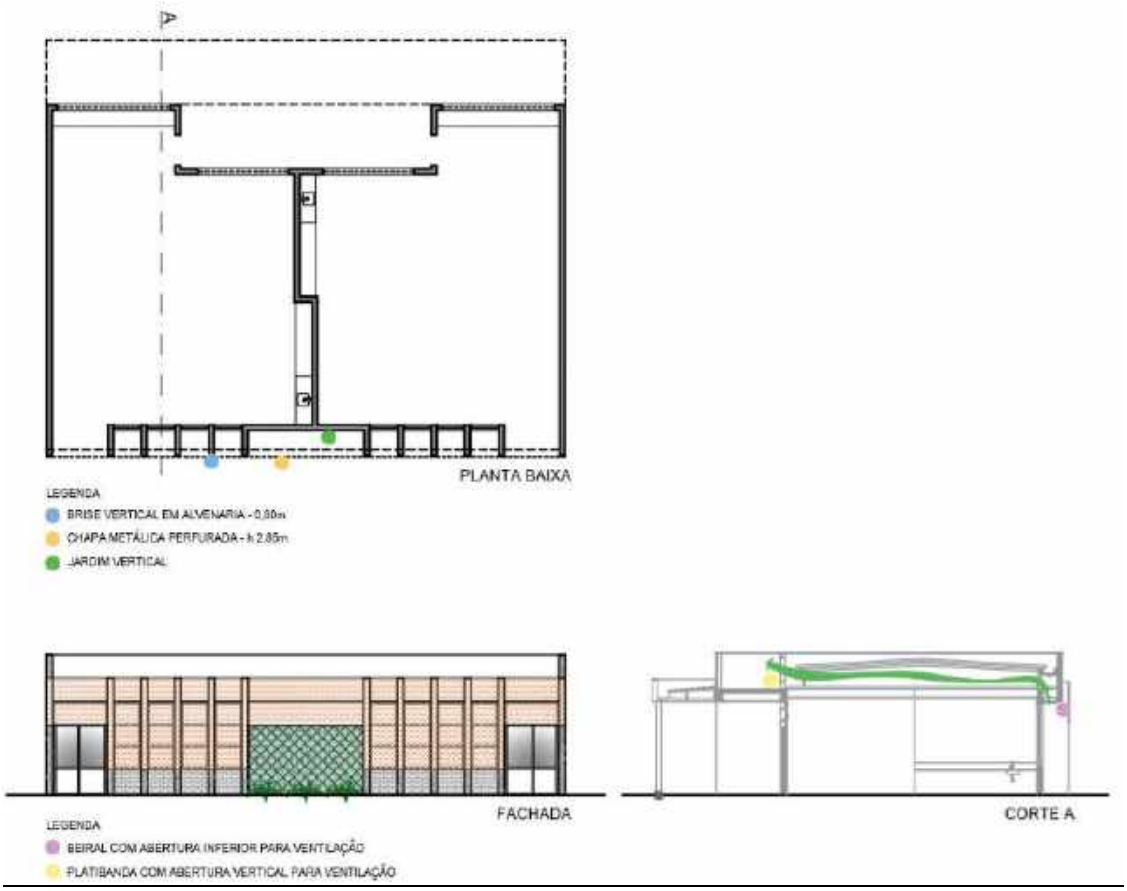

Figura 7 – Modelo sala de aula - família C, com corte esquemático indicando o efeito de ventilação do forro.

4.3. Adequação das recomendações: o processo de projeto – uma nova visão sobre o projeto padrão para edificação escolar

As diretrizes de projeto apresentadas às famílias bioclimáticas para a adaptação aos diferentes climas sugerem alterações no desenho arquitetônico do projeto padrão, resultando em 3 versões. Apresenta-se como um grande avanço a iniciativa de propor estudos relacionados ao conforto ambiental para a elaboração do projeto de arquitetura padrão, visto que as soluções adotadas são, na maioria dos casos, simples e que as diretrizes, fundamentadas em estudos científicos, comprovam a eficiência e a eficácia da qualidade do edifício. As estratégias projetuais citadas potencializam as condições de conforto nas horas de ocupação do edifício e não acarretam grandes custos na composição do orçamento.

Propõem-se que os dados obtidos pela avaliação técnica realizada neste trabalho sirvam de referência para a elaboração dos requisitos complementares para obtenção da etiqueta de eficiência energética. Para a configuração simulada neste trabalho, a implantação é hipotética. Trabalhos complementares de apoio devem ser realizados pelos entes federados, para implementação das estratégias sugeridas e cumprimento dos procedimentos indicados. Assim, estarão aptos a atingir níveis elevados de eficiência energética nas edificações, obter a Etiqueta de nível A para seu projeto específico, e posteriormente, da edificação construída. Os projetos de arquitetura, em todas suas versões, devem apresentar memorial descritivo e justificativo de modo a orientar a implantação mais adequada do edifício, bem como especificar materiais e componentes incorporados à eficiência do modelo.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho partiu da necessidade de buscar alternativas para questões relacionadas ao conforto do usuário devido à adoção do projeto padrão em todo o território nacional, priorizando uma gestão otimizada dos recursos públicos e a qualidade ambiental dos edifícios escolares. Tendo como base os resultados obtidos, pode-se comprovar o aumento do índice de conforto térmico nas edificações escolares nas diferentes zonas climáticas por meio de diretrizes projetuais que alteram alguns elementos arquitetônicos sem romper com as principais características do projeto padrão. Assim, a partir do agrupamento em 3 famílias, conclui-se que, para atender as particularidades climáticas de cada zona bioclimática brasileira, o projeto padrão precisa ser adaptado para, no mínimo, 3 versões distintas.

Em linhas gerais, observou-se que para todas as configurações, o modelo apresenta satisfatória qualidade arquitetônica pelo desenho de sua envoltória. As famílias A e B tem potencial de obter POCs superiores a 80% e maior facilidade para a obtenção da etiqueta de eficiência A, com intervenções simples no projeto de arquitetura. Para a família C, que apresenta o menor percentual de horas de conforto, estratégias mais significativas de ventilação e sombreamento devem ser adotadas, e, ainda, somente será possível o nível máximo da etiqueta de eficiência com o recurso de bonificação, previsto no RTQ-C.

Conclui-se que o processo de projeto de edifício escolar pode ser aprimorado por meio de iniciativas fundamentadas em estudos, diagnósticos, análises e outras estratégias que viabilizam a qualidade ambiental dos espaços pedagógicos e contribuem para a melhoria dos padrões construtivos de prédios públicos. Avalia-se que, para implantação de projetos padronizados mais eficientes, seria relevante a disponibilização de projetos de arquitetura a partir da análise do tipo climático de cada família ou zona bioclimática. Destaca-se que este estudo foi desenvolvido baseado na experiência da equipe técnica do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL, Ministério da Educação. **O Plano de Desenvolvimento da Educação:** razões, princípios e programas. Brasília: MEC, 2007.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Diretoria de Gestão, Articulação e Projetos Educacionais. **Elaboração de projetos de edificações escolares: ensino fundamental**. Manual de Orientações Técnicas; v.2. Brasília: FNDE, 2017.

FROTA, A. B.; SCHIEFFER, S. R. **Manual do Conforto Térmico**. 8ª edição. São Paulo: Nobel, 2007.

GODOI, G. **Conforto Térmico nas Edificações Escolares Públicas**: Análise da Implantação do Projeto Padrão 023 da Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná. Monografia de Especialização, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

INMETRO. **Manual de Aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade – RTQ-C**. Brasil: 2010.

_____. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C).** Portaria nº 372/2010 com alterações nº 17 de 2012 e nº 299, 2013.

KOWALTOWSKI, D. C.C.K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011a.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; DELIBERADOR, M. S.; PEREIRA, P. R. P. Arquitetura escolar e seu processo de projeto. In: D. C.C.K. Kowaltowski, D. C. Moreira, J. R. D. Petreche, M. M. Fabrício. (Org.). **O processo de projeto em arquitetura: da teoria a tecnologia**. 1ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2011b, v. p. 273-292.

MULLER, C. M. **Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para a elaboração de um anteprojeto**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PERILLO, P. J. L.; CAMPOS, M. A. S.; ABREU-HARBICH, L. V. Conforto térmico em salas de aula: revisão sistemática da literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção,** Campinas, SP, v.8, n.4, p. 236-248, dez. 2017. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650268. Acesso em: 22 abr. 2019.

SOUZA, L. N. **Arquitetura escolar, parâmetros de projeto e modalidades de aprendizagem**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.