

Fabiano Eloy Atílio Batista
Sandro Ferreira de Souza
(Organizadores)

Pesquisas, processos e práticas em
arquitetura
e urbanismo

 **Atena**
Editora
Ano 2022

Fabiano Eloy Atílio Batista
Sandro Ferreira de Souza
(Organizadores)

Pesquisas, processos e práticas em
arquitetura
e urbanismo

**Atena**
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Fabiano Eloy Atílio Batista
Sandro Ferreira de Souza

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P474 Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo
/ Organizadores Fabiano Eloy Atílio Batista, Sandro
Ferreira de Souza. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0392-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.920222408>

1. Arquitetura. 2. Urbanismo. I. Batista, Fabiano Eloy
Atílio (Organizador). II. Souza, Sandro Ferreira de
(Organizador). III. Título.

CDD 720

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Caros leitores e leitoras;

A coletânea '**Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo**' reúne textos de autoria nacional e internacional, que propõem discussões atuais e críticas sobre a importância e contribuições dos estudos na área da Arquitetura e do Urbanismo para a sociedade e o meio ambiente.

A reunião dos textos desta coletânea busca corroborar, cada qual a sua maneira, com ações intrínsecas à Arquitetura e ao Urbanismo, tais como o ato de pesquisar, projetar, planejar e intervir.

Portanto, a obra reúne estudos sobre o ambiente construído e sobre a cidade, considerando alguns de seus desdobramentos e apropriações, por meio de uma multiplicidade dimensional da paisagem, do território, do edifício, do interior, passando por temas como conforto térmico e acústico, eficiência energética, acessibilidade, planejamento de cidade, dentre outros.

Assim, ao longo dos doze artigos podemos vislumbrar uma série de reflexões que constroem saberes para que possamos entender e ampliar nosso repertório de conhecimento sobre as pesquisas, os processos e as práticas que vêm sendo construídas por pesquisadores nacionais e internacionais, ampliando, por finalidade, um espaço propício para os mais distintos debates.

Por fim, enfatiza-se que as discussões acerca do universo da Arquitetura e Urbanismo é extensa e frutífera e, por isso, esperamos que a coletânea '**Pesquisas, processos e práticas em arquitetura e urbanismo**' possa auxiliar e se mostrar como uma possibilidade discursiva para novas pesquisas e novos olhares sobre as contribuições da área da Arquitetura e do Urbanismo para a sociedade e meio ambiente, buscando, cada vez mais, uma ampliação do conhecimento em diversos níveis.

Esperamos que você goste do conteúdo e que tenha uma agradável e produtiva leitura!

Fabiano Eloy Atílio Batista
Sandro Ferreira de Souza

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO COMPARATIVO DE CIDADES PEQUENAS E MÉDIAS DA REGIÃO ADMINISTRATIVA CENTRAL DO ESTADO DE SÃO PAULO: PROCESSOS DE CRESCIMENTO PERIFÉRICO RECENTES E SEUS DESDOBRAMENTOS TERRITORIAIS

Murilo da Silva Camargo

Camila Moreno de Camargo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224081>

CAPÍTULO 2..... 19

ANÁLISE COMPARATIVA DAS ALTERAÇÕES REALIZADAS NOS PLANOS DIRETORES DA CIDADE DE RONDONÓPOLIS-MT: ENTRE OS ANOS DE 1994-2021

Silvio Moises Negri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224082>

CAPÍTULO 3..... 37

PROPOSTA DE REVITALIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA NA CIDADE DE MATA VERDE, MINAS GERAIS – BRASIL

Carlos Andrés Hernández Arriagada

Mariana Chaves Moura

Giovana Leticia Hernández Arriagada

Edgar Eduardo Roa Castillo

Bruna Leticia de Fraga

Beatriz Duarte Silva

Paola Serafim Filócomo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224083>

CAPÍTULO 4..... 56

OS DESAFIOS NA ADAPTAÇÃO DE NORMATIVAS QUANTO À ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE URBANA DIANTE DAS PREEXISTÊNCIAS ARQUITETÔNICAS - O CENTRO HISTÓRICO TOMBADO DE LAGUNA/SC

Claudione Fernandes de Medeiros

Liriane Baungratz

Raphael Py Pires

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224084>

CAPÍTULO 5..... 72

ACCESIBILIDAD EN CENTROS HISTÓRICOS PATRIMONIALES, PROPUESTAS DE DISEÑO EN CUESTIONES DE MOVILIDAD. CASOS DE ESTUDIO: GUANAJUATO, GTO. MÉXICO, TUNJA Y BOGOTÁ COLOMBIA

Lyda Maritza Gamboa Leguizamón

Fabiola Colmenero Fonseca

Diana María Blanco Ramírez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224085>

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 6 | 95 |
| IMPACTO DO CONSUMO DE ENERGIA FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA | |
| Emeli Lalesca Aparecida da Guarda Renata Mansuelo Alves Domingos Luciane Cleonice Durante Ivan Julio Apolonio Callejas | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224086 | |
| CAPÍTULO 7 | 109 |
| AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO DE PROJETOS EDUCACIONAIS PADRONIZADOS DO FNDE | |
| Camila Correia Teles Thiago Montenegro Góes Adriano Felipe Oliveira Lopes Júlia Teixeira Fernandes Cláudia Naves David Amorim Caio Frederico e Silva | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224087 | |
| CAPÍTULO 8 | 125 |
| PROPRIEDADE TÉRMICA DA CERÂMICA: UM MODELO DIDÁTICO PARA FINS DE ENSINO-APRENDIZAGEM | |
| Samuel Dal Piccol Gualtier | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224088 | |
| CAPÍTULO 9 | 137 |
| AVALIAÇÃO DE INTELIGIBILIDADE EM SALA DE AULA DO ENSINO FUNDAMENTAL VISANDO A IDENTIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES ACÚSTICAS DE ESCOLAS PÚBLICAS EM SANTA MARIA – RS | |
| Viviane Suzey Gomes de Melo Roberto Aizik Tenenbaum Yuri da Silva Missio Pinheiro João Vitor Gutkoski Paes | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.9202224089 | |
| CAPÍTULO 10 | 151 |
| EDIFÍCIOS DE APARTAMENTOS DE EMIL BERED | |
| Silvio Belmonte de Abreu Filho Angela C. Fagundes Maitê T. Oliveira | |
|  https://doi.org/10.22533/at.ed.92022240810 | |
| CAPÍTULO 11 | 168 |
| AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ESTRUTURAL DE SISTEMA DE VEDAÇÃO EXTERNA | |

CONSTITUÍDO POR PAINÉIS ESTRUTURAIS LEVES E PERFIS METÁLICOS

Kamila Soares do Nascimento

Edna Alves Oliveira

Otávio Luiz do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.92022240811>

CAPÍTULO 12..... 178

PROCESSO DE PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO PARA EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS MULTIFAMILIARES COM ALTURA SUPERIOR A 12 METROS

Helena Reginato Gabriel

Fabiane Vieira Romano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.92022240812>

SOBRE OS ORGANIZADORES 197

ÍNDICE REMISSIVO..... 198

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO DE PROJETOS EDUCACIONAIS PADRONIZADOS DO FNDE

Data de aceite: 01/08/2022

Camila Correia Teles

<http://lattes.cnpq.br/4039037731955583>

Thiago Montenegro Góes

<http://lattes.cnpq.br/0942863208310732>

Adriano Felipe Oliveira Lopes

<http://lattes.cnpq.br/5068885324667738>

Júlia Teixeira Fernandes

<http://lattes.cnpq.br/4159790611002151>

Cláudia Naves David Amorim

<http://lattes.cnpq.br/0414142132580629>

Caio Frederico e Silva

<http://lattes.cnpq.br/2593051036451822>

RESUMO: Este artigo apresenta o processo de adequação para etiqueta de eficiência energética nível “A” do projeto de três novas tipologias arquitetônicas para unidades de ensino fundamental com 5 e 9 salas, atualmente em desenvolvimento para as 8 zonas bioclimáticas brasileiras pela equipe técnica da Coordenação de Desenvolvimento de Infraestrutura (CODIN) do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). O método está estruturado em 4 etapas: primeiramente, organizou-se um diagnóstico preliminar das etiquetas atuais dos projetos dos edifícios; na segunda etapa, atuou-se na adequação da transmitância térmica das paredes e cobertura, tendo sido calculados os respectivos resultados finais de etiqueta; a terceira

etapa envolveu a simulação das horas ocupadas em conforto do Bloco de Sala de Aula; na quarta e última etapa foi apresentado um resumo das propostas de adequações por família de projeto. A análise foi feita por comparação entre dados de entrada (transmitância, fator solar do vidro, taxa de sombreamento) e resultados de etiqueta da envoltória, assim como entre os resultados de etiqueta e percentual de horas em conforto. Os dados mostraram que o alcance dos pré-requisitos com redução da transmitância térmica da envoltória foi suficiente para permitir etiqueta A em 6 das 8 zonas bioclimáticas brasileiras, com diferentes níveis de isolamento térmico da cobertura. Porém, foram necessárias estratégias adicionais para garantir o conforto térmico nas salas de aula. Neste sentido, concluiu-se que o projeto deveria sofrer alterações por grupos de zonas bioclimáticas, chegando a um total de 3 diferentes projetos-padrão.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética, etiquetagem, escolas públicas, projeto padrão FNDE, conforto térmico.

ABSTRACT: This article presents the adaptation process for label A of the project of three new architectural typologies for elementary schools with 5 and 9 rooms, currently under development for the 8 Brazilian bioclimatic zones by the technical team of the Coordination of Infrastructure Development – CODIN of the Education Development National Foundation FNDE. The methodological procedures of the article can be structured in 4 steps: the first one consisted of preliminary diagnosis of the current labels of the projects of the buildings; in

the second step, the adequacy of the thermal transmittance of the walls and cover, and the respective final label results were calculated; the third step involved the simulation of the hours occupied in the comfort of the Classroom Block; in the fourth and last step, a summary of the proposals for adjustments by Project family was presented. The analysis was comparing input data (transmittance, solar glass factor, shading rate) and envelope labelling results, as well as between label results and percent comfort hours. The data showed that the reach of the prerequisites with reduction of the thermal transmittance of the envelope was sufficient to allow A-label in 6 of the 8 Brazilian bioclimatic zones, with different levels of thermal insulation of the cover. However, additional strategies were required to ensure thermal comfort in classrooms. In this sense, it was concluded that the project should be modified by groups of bioclimatic zones, reaching a total of 3 different standard projects.

KEYWORDS: Energy efficiency, labelling, public schools, FNDE standard project, thermal comfort.

1 | INTRODUÇÃO

A construção civil e o funcionamento das edificações são responsáveis por expressiva parcela de impacto ambiental em todo o planeta. Segundo Kita (2018), atualmente essas atividades consomem cerca de 40% de toda a energia produzida no mundo, 12% da água potável consumida e 33% dos recursos naturais utilizados, além de serem responsáveis pela emissão de 33% dos gases geradores de efeito estufa e pela produção de 40% dos resíduos sólidos urbanos. No Brasil, edifícios residenciais, comerciais, públicos e de serviços representam 50% na demanda nacional de energia (MME, 2013). A eficiência energética das edificações tende a facilitar o processo de manutenção, reduzir custos operacionais, aumentar o conforto e melhorar o desempenho dos usuários em suas atividades (BEZERRA; CHOAS, 2016; BRASIL; SILVA, 2018; DELIBERADOR; KOWALTOWSKI, 2011).

As etiquetas e certificações de desempenho energético e ambiental dos edifícios tiveram início na década de 90 em países como Reino Unido, Estados Unidos e Canadá, com o surgimento das certificações como *Building Research Environmental Assessment – BREEAM*, *Leadership in Energy and Environmental Design – LEED* e *Building Environmental Performance Assessment Criteria – BEPAC* (KITA, 2018).

No Brasil, as adaptações de etiquetas internacionais para o contexto climático brasileiro e as certificações nacionais, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações – PBE Edifica e o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, aconteceram a partir de 2003 (GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014; PBEEDIFICA, 2014). No panorama da Legislação Nacional no que tange a busca pela eficiência energética e a redução do consumo de energia de edifícios públicos, o governo federal lançou em 2014 uma instrução normativa – IN 02/2014, que exige Etiquetagem A do PBE Edifica para Edifícios públicos Federais, inclusive do segmento educacional.

Devido a essas iniciativas e aos dados estatísticos educacionais do Brasil, as

redes municipais e estaduais de educação, voltadas para o ensino fundamental e médio regular, têm sido reestruturadas com recursos federais, garantidos por meio do Plano de Ações Articuladas – PAR, apresentando-se em conformidade com as metas 2 e 3 do Plano Nacional de Educação, que trata da universalização do ensino fundamental de 9 (nove) anos para toda a população de 6 (seis) a 14 (quatorze) anos e universalização do atendimento do ensino médio (FNDE, s/d).

Como fomentador de políticas voltadas para a qualidade do ambiente escolar, o Ministério da Educação – MEC, na publicação Parâmetros Básicos de Infraestrutura para Instituições de Educação Infantil (BRASIL, 2006), traz formulações recomendadas para o projeto, construção e reformas de unidades de Educação Infantil, tendo como princípio um modelo de unidade escolar replicável a fim de suprir a alta demanda educacional. O objetivo é garantir resistência ao vandalismo, baixo custo, fácil manutenção, relação harmoniosa com o entorno, provendo conforto ambiental dos seus usuários e qualidade sanitária dos ambientes (FDE, 2006; FNDE, 2005; FNDE, 2006).

No caso de novas construções, os projetos arquitetônicos que atendem aos quesitos de padrão construtivo mínimo e de funcionamento são oferecidos às entidades que buscam expandir suas redes físicas educacionais. A assistência financeira é prestada de forma suplementar por parte do FNDE para construção de novas unidades escolares baseadas em projetos padronizados, oferecidos por esta Autarquia.

Além da necessidade de se avaliar criteriosamente as ações cadastradas no Sistema Integrado de Monitoramento Execução e Controle do Ministério da Educação – SIMEC, bem como os convênios de infraestruturas escolares existentes, cabe ao FNDE desenvolver e atualizar permanentemente os projetos padronizados oferecidos aos entes federados, enquanto assistência técnica (FNDE, 2017). É função da Coordenação-Geral de Infraestrutura Educacional – CGEST acompanhar e desenvolver estudos propositivos que atendam às exigências arquitetônicas de novos prédios públicos, consoantes com as políticas pedagógicas disseminadas pelo Ministério da Educação.

Três novas tipologias arquitetônicas para unidades de ensino fundamental com cinco e nove salas estão em desenvolvimento pela equipe técnica da Coordenação de Desenvolvimento de Infraestrutura – CODIN/FNDE para atender aos preceitos do novo ensino fundamental de 9 (nove) anos, sendo o fundamental I do 1º ao 5º ano e fundamental II do 6º ao 9º ano. Devido à obrigatoriedade do alcance da etiqueta A do PBE Edifica em edifícios públicos, novos ou reformados, é necessário avaliar o nível de eficiência energética destes projetos, segundo o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética RTQ, endossado pela Instrução Normativa 02, de 04 de julho de 2014 – IN 02/2014. Existem estudos similares aplicados a outros projetos arquitetônicos de escolas padrão (JUNIOR; SOUZA, 2015). Aliado a isto, há demanda do corpo técnico na busca de uma melhor etiqueta com o uso de estratégias passivas de climatização. Isso sem comprometer o nível do conforto térmico dos blocos de sala de aula.

2 | OBJETIVO

Classificar três novas tipologias de projetos arquitetônicos padrão de escolas do FNDE quanto a seu nível de eficiência energética e estabelecer diretrizes considerando o projeto de três novas tipologias arquitetônicas do FNDE para unidades de ensino fundamental com 5 e 9 salas para 5 cidades representativas de três famílias de zonas bioclimáticas: Curitiba, Florianópolis, Brasília, Cuiabá e Salvador .

3 | MÉTODO

O método desta pesquisa foi estruturado em quatro momentos:

1. Diagnóstico preliminar das etiquetas parciais de envoltória para as tipologias arquitetônicas de ensino fundamental;
2. Adequação de pré-requisitos de transmitância térmica de parede e cobertura;
3. Cálculo, por meio de simulação computacional, do percentual de horas ocupadas em conforto (POC) do bloco de sala da aula;
4. Resumo das propostas de adequações por família de projeto.

3.1 Diagnóstico preliminar das etiquetas atuais

Considerou-se que as três novas tipologias arquitetônicas para unidades de ensino fundamental que estão em desenvolvimento pela equipe técnica da Coordenação de Desenvolvimento de Infraestrutura – CODINFNDE objetivam a facilidade de replicação, com menor variação possível de projeto entre as 8 zonas bioclimáticas, facilidade de manutenção, baixo custo, além de possibilitarem desempenho energético de etiqueta A do PBE Edifica.

3.1.1 *Caracterização das tipologias arquitetônicas*

As tipologias arquitetônicas para unidades de ensino fundamental são formadas por blocos modulares que se repetem, sendo uma delas com 5 salas de aula e outras duas com 9 salas de aula. A primeira tipologia é composta por área administrativa, convivência, serviços e 5 salas de aula em apenas 1 pavimento. A segunda é composta por área administrativa, convivência, serviços e 9 salas de aula, também em apenas 1 pavimento, (Figura 1), de forma similar a terceira tipologia, porém distribuídas em 2 pavimentos.



Figura 1 – Volumetria da tipologia arquitetônica para unidades de ensino fundamental de 9 salas de 1 pavimento.

3.1.2 Etiqueta de envoltória e iluminação artificial

Aplicou-se o método prescritivo de avaliação da etiqueta parcial de envoltória com auxílio da ferramenta online Webprescritivo, disponível no portal do PBE Edifica, para as três tipologias arquitetônicas de unidades escolares. Os dados de projeto solicitados pela plataforma para o cálculo da etiqueta geral são: Pré-requisitos gerais de divisões de circuitos elétricos por uso final e aquecimento de água, características e pré-requisitos específicos referentes aos sistemas de envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar.

Como diretrizes adotadas para obtenção do nível A de eficiência energética considerou-se que ambas tipologias em possuem circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final, enquanto o pré-requisito de sistema de aquecimento de água não se aplica, devido ao seu caráter não residencial. Em relação ao sistema de iluminação também foram considerados atendidos os pré-requisitos de divisão de circuitos, contribuição de luz natural e desligamento automático das lâmpadas, além disso determinou-se uma densidade de potência instalada de iluminação inferior aos limites determinados pelo RTQ-C.

Os dados solicitados para a envoltória foram: Área de projeção edifício (m^2) – Ape, Área total de piso (m^2) – Atot, Área da envoltória (m^2) – Aenv, Ângulo Vertical de Sombreamento (graus) – AVS, Ângulo Horizontal de Sombreamento (graus) – AHS, Percentual de Abertura na Fachada – PAFt, Volume total da edificação (m^3) – Vtot, transmitância térmica da cobertura – UCOB, transmitância térmica das paredes – UPAR, absorvância da cobertura – α COB, absorvância das paredes – α PAR.

Uma vez que o projeto das 3 tipologias de escolas é composto por blocos isolados, esses dados solicitados pelo Webprescritivo foram calculados para cada bloco individualmente, conforme Tabela 1. Todo o processo de Etiquetagem foi desenvolvido para cada bloco, como orienta o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência

Energética (RTQ-C). A etiqueta da envoltória do edifício é gerada pela ponderação por área da etiqueta de cada bloco. A primeira tipologia é composta pelos blocos 1 a 6, a segunda pelos blocos 1 a 7 e a terceira pelos blocos 1 a 6 e 8, conforme figuras 2, 3 e 4.

| Dados de Projeto | Bloco 1 | Bloco 2 | Bloco 3 | Bloco 4 | Bloco 5 | Bloco 6 | Bloco 7 | Bloco 8 |
|--|----------|------------|------------|---------|------------|---------|---------|---------|
| APE: Área do edifício (m ²) | 166 | 154 | 100 | 51 | 137 | 424 | 379 | 456 |
| ATOT: Área total de piso (m ²) | 166 | 154 | 100 | 51 | 137 | 424 | 379 | 954 |
| AENV: Área da envoltória (m ²) | 344 | 413 | 230 | 182 | 556 | 983 | 834 | 2210 |
| AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento (graus) | 27 | 21 | 45 | 34 | 25 | 28 | 16 | 29 |
| AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento (graus) | 11 | 10 | 0 | 3 | 15 | 18 | 7 | 9 |
| PAFT: Percentual de Abertura na Fachada | 28 | 11 | 35 | 4,5 | 10 | 11 | 13 | 13,5 |
| VTOT: , Volume total da edificação | 646 | 600 | 390 | 200 | 532 | 1654 | 1480 | 3372 |
| Função | Multiuso | Refeitório | Biblioteca | WC | Escritório | Escola | Escola | Escola |

Tabela 1 – Dados de projeto das 3 tipologias iniciais



Figura 2 – Blocos Tipologia 1

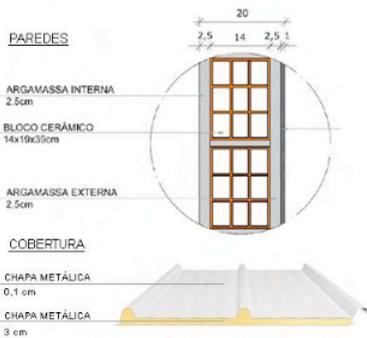


Figura 3 – Blocos Tipologia 2



Figura 4 – Blocos Tipologia 3

Na extração dos dados para a etiquetagem da envoltória, os valores de Percentual de Abertura na Fachada Oeste – PAFo foram desconsiderados visto que não é recomendada a implantação dos edifícios com as maiores fachadas envidraçadas voltadas a oeste, utilizando-se somente de um valor médio de PAFT. Com relação às vedações verticais horizontais (coberturas) e verticais (paredes), foram considerados os mesmos valores de transmitância térmica e absortância, partindo de padrão construtivo definido pelo FNDE, além de fator solar equivalente a um vidro simples de 3 mm, segundo Figura 5.



| Pré-requisitos | | | |
|----------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| U _{COB-AC} | 0,8 W/(m ² K) ? | α _{COB} | 30 % ? |
| U _{COB-ANC} | 0,8 W/(m ² K) ? | CT _{PAR} | 50 kJ/(m ² K) ? |
| U _{PAR} | 2,8 W/(m ² K) ? | α _{PAR} | 70 % ? |
| PAZ | 0 % ? | FS | 0,87 ? |

Figura 5 – Dados de pré-requisitos da envoltória definidos a partir de padrões construtivos.

A partir deste diagnóstico, foram levantadas diretrizes para a obtenção do melhor nível de etiqueta, ressaltando que essa avaliação restringe-se à etapa de projeto.

3.2 Adequação de pré-requisitos da envoltória

Dentre os pré-requisitos para cálculo da etiqueta da envoltória, para a elaboração das diretrizes de intervenção foi priorizada a alteração dos dados de transmitância térmica da cobertura – U_{COB}, transmitância térmica das paredes – U_{PAR} e absorvância das paredes – α_{PAR}. A alteração apenas desses parâmetros facilita a padronização e replicação dos modelos e possibilita pequena variação de custo entre as propostas.

3.3 Simulação das horas ocupadas em conforto

O cálculo, por meio de simulação computacional, do percentual de horas ocupadas em conforto (POC) é exigido pelo RTQ-C para avaliação de áreas de permanência prolongadas ventiladas naturalmente. A partir desse cálculo obtém-se um Equivalente Numérico de Ventilação (EqNumV), que substitui o Equivalente Numérico do Sistema de Condicionamento de Ar (EqNumCA), conforme Tabela 2 (INMETRO, 2014). Neste trabalho foi utilizado o software *DesignBuilder* v.5.4, que é uma poderosa ferramenta para simulação termoenergética de edifícios, permitindo a modelagem de edifícios complexos e a elaboração de análises de consumo de energia e do desempenho do projeto, em intervalos anuais, mensais, diários, horários ou até sub-horários. O programa utiliza como motor de cálculo *EnergyPlus*, aprovado pela *ASHRAE 140*. A Figura 6 ilustra elaborado no *DesignBuilder* e os padrões de ocupação adotados a partir dos seguintes dados de entrada: densidade de potência de iluminação, densidade de ocupação (pessoas), densidade de potência de equipamentos e taxa de renovação de ar por hora.

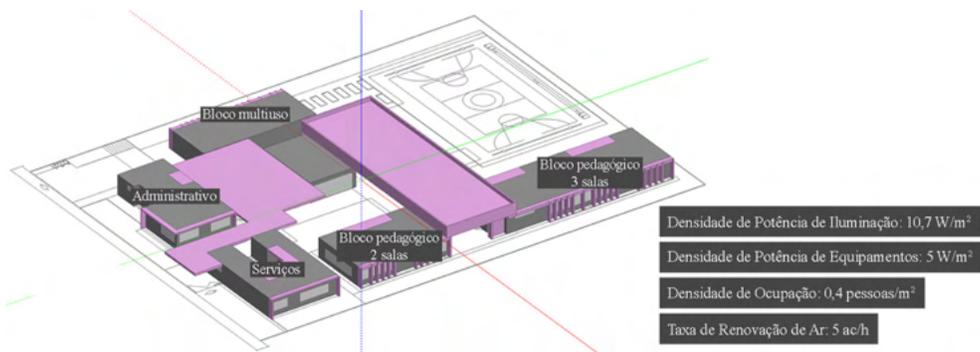


Figura 6 – Modelo realizado no software DesignBuilder.

| Percentual de Horas Ocupadas em Conforto | EqNumV | Classificação Final |
|--|--------|---------------------|
| $POC \geq 80\% \leq$ | 5 | A |
| $70\% \leq POC < 80\%$ | 4 | B |
| $60\% \leq POC < 70\%$ | 3 | C |
| $50\% \leq POC < 60\%$ | 2 | D |
| $POC < 50\%$ | 1 | E |

Tabela 2 - Equivalente Numérico de Ventilação para cada intervalo de POC.

Para o cálculo do POC, utilizou-se o índice de Temperatura Neutra, a partir da metodologia de Conforto Adaptativo, que baseiam-se em resultados de trabalhos de campo que medem as condições ambientais e a resposta simultânea de sensação térmica em indivíduos envolvidos em suas tarefas habituais, com a menor intervenção possível dos pesquisadores (PEREIRA; ASSIS, 2009). Neste trabalho o POC foi calculado a partir da soma de todas as horas cuja temperatura operativa encontra-se em um intervalo de temperatura definido pela Equação 2, divididas pelo total de horas do ano.

$$\text{Temperatura Neutra} = (0,314 \times \text{Temperatura de Bulbo Seco}) + 17,6$$

Equação 1 – Fórmula para o cálculo da temperatura neutra equivalente por hora.

$$\text{Temperatura Neutra} - 7 \leq \text{Hora Ocupada em Conforto} \leq \text{Temperatura Neutra} + 2$$

Equação 2 - Intervalo determinado para cada hora ocupada em conforto.

$$POC = \left(\frac{\sum \text{Horas Ocupadas em Conforto}}{8760} \right) \times 100$$

Equação 3 - Cálculo do Percentual de Horas Ocupadas em Conforto.

Na busca de adequar as tipologias às diferentes zonas climáticas brasileiras para possibilitar o melhor conforto térmico possível, realizou-se um estudo paramétrico de diferentes cenários com a variação dos sistemas construtivos da envoltória em busca da melhor condição de conforto térmico e da etiqueta A.

3.4 Resumo das propostas de adequações

As propostas de adequações foram resumidas por família de projeto, considerando o agrupamento de zonas bioclimáticas, representado na Tabela 3. O uso de Famílias de

Zonas Bioclimáticas é uma forma de agrupamento das zonas bioclimáticas já preconizadas no RTQ e na NBR 15.220 (ABNT, 2003), a partir de características semelhantes. Sabe-se que a Norma 15.220 estabelece recomendações e diretrizes para os climas brasileiros a partir de uma análise de Habitação de Interesse Social. Como não há Norma específica para a análise do desempenho térmico e do conforto ambiental de edifícios escolares, serão assumidas as diretrizes da NBR 15.220 para este estudo.

| Cidade representativa | Zonas Bioclimáticas | Famílias de Zonas Bioclimáticas | Características |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------|---|
| Curitiba | ZB1 e ZB2 | Família A | Inverno marcante. Problema típico: desconforto por frio. |
| Florianópolis | ZB3 | Família B | Maior percentual de horas de conforto |
| Brasília | ZB4, ZB5 e ZB6 | | |
| Cuiabá | ZB7 | Família C | Verão marcante. Problema típico: desconforto por calor |
| Salvador | ZB8 | | |

Tabela 3 – Zonas bioclimáticas, famílias e características.

4 | ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Etiqueta parcial de Envolvória

Os resultados iniciais de etiqueta de envoltória (projeto) descritos na Tabela 4 foram extraídos do Webprescritivo do portal do PBE Edifica, após a inserção dos dados das três tipologias arquitetônicas nas 5 cidades representativas, relacionando-as a suas respectivas famílias de zonas bioclimáticas.

| Família de Zonas Bioclimáticas | Tipologia 1 (4 salas 1 pavimento) | Tipologia 2 (9 salas 1 pavimento) | Tipologia 3 (9 salas 2 pavimentos) |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Família A | C | C | C |
| Família B | B | B | B |
| Família C | E | E | E |

Tabela 4 – Resultados atuais de etiqueta prescritiva de envoltória

É possível verificar que com a configuração atual de projeto, os resultados foram bem distintos devido às variações do clima em cada zona bioclimática. O melhor resultado obtido foi de etiqueta B, apenas nas zonas bioclimáticas 3 a 6, que possuem clima mais ameno, com maior quantidade de horas de conforto durante o ano, segundo a NBR 15.220. A etiqueta C, de desempenho energético regular, foi obtida em zonas com maior

desconforto por frio e as piores etiquetas foram nas zonas 7 e 8, de climas mais extremos. Nota-se, portanto, que as zonas de maior desconforto por calor são as mais críticas, com pior desempenho em relação à eficiência energética.

Devido aos resultados dos cálculos, foram propostas pequenas reduções de transmitâncias térmicas de parede (UPAR = 1,9 w/m².K) e cobertura (UCOB = 0,83 w/m².K) para as zonas 1 a 3 e maiores e grandes reduções desses valores (UPAR = 1,0 w/m².K e UCOB = 0,7 w/m².K) para as zonas 4 a 8. A Tabela 5 mostra que a etiqueta A de envoltória foi alcançada em todas as tipologias arquitetônicas nas zonas bioclimáticas 1 a 6, e etiqueta B das tipologias nas zonas bioclimáticas 7 e 8.

| Família de Zonas Bioclimáticas | Tipologia 1 (4 salas 1 pavimento) | Tipologia 2 (9 salas 1 pavimento) | Tipologia 3 (9 salas 2 pavimentos) |
|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Família A | A | A | A |
| Família B | A | A | A |
| ZB8 | B | B | B |

Tabela 5 – Resultados de etiqueta prescritiva de envoltória após propostas de adequações

4.2 Percentual de Horas Ocupadas em Conforto

Os resultados do POC para as diferentes zonas climáticas estão apresentados na Tabela 6. A partir do cenário inicial foram avaliadas possibilidades de adequação do projeto no intuito de obter valores cada vez maiores de POC. As colunas de descrição e caracterização indicam as adequações adotadas e seus respectivos dados de entrada no modelo de simulação. As cores representam o tipo de etiqueta equivalente: vermelho etiqueta E, laranja etiqueta D, amarelo etiqueta C, verde claro etiqueta B e verde escuro etiqueta A.

| Cenários | Descrição | Caracterização | Família A | | Família B | | Família C | |
|-----------|---|--|-----------|-----|-----------|-----|-----------|--|
| | | | ZB1 e ZB2 | ZB3 | ZB4 | ZB8 | ZB7 | |
| Cenário 0 | Projeto Original | UPAR = 2,6 w/m ² .K UCOB = 1,00 w/m ² .K FS = 0,87 αPAR = 0,5 | 90 | 84 | 77 | 31 | 29 | |
| Cenário 1 | Redução do Fator Solar do Vidro | UPAR = 2,6 w/m ² .K UCOB = 1,00 w/m ² .K FS = 0,69 αPAR = 0,5 | 90 | 85 | 78 | 31 | 29 | |
| Cenário 2 | Inserção de isolamento interno (MDF de 2 cm, distante 3 cm da parede) | UPAR = 1,45 w/m ² .K UCOB = 1,00 w/m ² .K FS = 0,69 αPAR = 0,5 | 87 | 82 | 72 | 30 | 28 | |
| Cenário 3 | Envoltória clara; Redução do Fator Solar do Vidro | UPAR = 1,45 w/m ² .K UCOB = 1,00 w/m ² .K FS = 0,43 αPAR = 0,3 | 92 | 89 | 84 | 42 | 36 | |

| | | | | | | | |
|-----------|--|---|----|----|----|----|----|
| Cenário 4 | Envoltória clara; Redução do Fator Solar do Vidro; Revestimento interno em MDF | UPAR = 1,45 w/m ² .K UCOB = 1,00 w/m ² .K FS = 0,43 αPAR = 0,3 | 93 | 91 | 88 | 45 | 38 |
| Cenário 5 | Inserção de venezianas para ventilação de cobertura | UPAR = 1,45 w/m ² .K UCOB = 1,00 w/m ² .K FS = 0,43 αPAR = 0,3 Cobertura ventilada Chapa perfurada 100% | - | - | - | 67 | 60 |
| Cenário 6 | Inserção de brises horizontais e cobertura ventilada | UPAR = 1,45 w/m ² .K UCOB = 0,63 w/m ² .K FS = 0,43 αPAR = 0,3 | - | - | - | 74 | 64 |
| Cenário 7 | Aproximação da chapa perfurada às aberturas, distante 30cm | UPAR = 1,45 w/m ² .K UCOB = 0,69 w/m ² .K FS = 0,43 αPAR = 0,5 w/m ² .K | 92 | 88 | 83 | - | - |
| Cenário 8 | Cobertura ventilada (ventilação mecânica) | UPAR = 1,45 w/m ² .K UCOB = 0,63 w/m ² .K FS = 0,49 αPAR = 0,5 w/m ² .K | - | - | - | 89 | 78 |

Tabela 6 – Resultados do POC para as diferentes zonas bioclimáticas.

Os resultados mostram que o cenário 0, relativo ao projeto original, obtém etiqueta parcial A somente para as zonas 1 a 3, enquanto que nas zonas 7 e 8, etiqueta parcial E. A utilização de envoltória com menor absorvância e com fator solar menor (cenário 3) possibilita melhoria em todas as zonas climáticas, sendo etiqueta parcial A para as zonas 1 a 4 e ainda etiqueta parcial E para as zonas 7 e 8. Somente a partir do cenário 5 que há uma melhoria de etiqueta nas zonas mais críticas, 7 e 8. Com a colocação de venezianas para ventilação da cobertura, as zonas 7 e 8 conseguem obter etiquetas C.

Contudo é somente com uma combinação de várias estratégias, como a colocação de elementos de proteção solar, como os brises e as placas perfuradas, paredes com menor absorvância, vidros com menor fator solar, menor transmitância das paredes e ventilação mecânica da cobertura que se obtém etiqueta A para zona 8 e etiqueta B para zona 7.

Após os resultados finais de etiqueta de envoltória das tipologias arquitetônicas, as propostas de adequações foram elencadas por família de projeto, descritas nas Tabelas 6, 7 e 8. A partir da análise do POC, recomendam-se diretrizes de projeto para a maximização do conforto térmico e possibilitar etiqueta A. Essas recomendações se distinguem em 3 categorias: implantação, características dos elementos de envoltória e aberturas e sombreamento. Aconselha-se orientar o bloco de salas de aula (bloco 5) no sentido norte-sul para todas as zonas climáticas brasileiras. Entretanto, na família A (zonas 1 e 2) a orientação no outro sentido (leste-oeste) também pode ser empregada sem prejuízo ao conforto térmico, conforme Tabela 6.

| Número da Diretriz | Categoria | Detalhamento | Família A (ZB 1 e ZB 2) | Família B (ZB 3 a ZB 6) | Família C (ZB 7 e ZB 8) |
|--------------------|-------------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | Implantação | Eixo preferencial de implantação dos Blocos de Sala de Aula | Leste-Oeste ou Norte-Sul | Norte-Sul | Norte-Sul |

Tabela 6 – Resumo de diretrizes de Implantação do Bloco de Salas de Aula

Recomenda-se o emprego de transmitância de parede de $1,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ para todas as zonas climáticas brasileiras. Na família A (zonas 1 e 2) propõe-se a utilização de revestimento interno em MDF em paredes específicas. Nesta mesma família de zonas climáticas indica-se o emprego de transmitância da cobertura de $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, e $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ nas demais zonas. Para isso, podem ser utilizadas telhas sanduíche com isolamento termo-acústico de 3 cm para a família A e de 5 cm para as outras famílias, segundo a Tabela 7.

| Número da Diretriz | Categoria | Detalhamento | Família A (ZB 1 e ZB 2) | Família B (ZB 3 a ZB 6) | Família C (ZB 7 e ZB 8) |
|--------------------|-----------|--|--|--|--|
| 2 | Edifício | Transmitância térmica das paredes | UPAR = $1,45 \text{ w/m}^2\text{K}$ | UPAR = $1,45 \text{ w/m}^2\text{K}$ | UPAR = $1,45 \text{ w/m}^2\text{K}$ |
| 3 | Edifício | Revestimentos internos | Madeira (MDF) em algumas paredes | Projeto Padrão | Projeto Padrão |
| 4 | Cobertura | Transmitância térmica da cobertura | UCOB = $0,5 \text{ w/m}^2\text{K}$ | UCOB = $1,0 \text{ w/m}^2\text{K}$ | UCOB = $1,0 \text{ w/m}^2\text{K}$ |
| 5 | Cobertura | Tipo de telha utilizada na cobertura da escola | Telha tipo sanduíche com isolamento termoacústico de 3cm | Telha tipo sanduíche com isolamento termoacústico de 5cm | Telha tipo sanduíche com isolamento termoacústico de 5cm |

Tabela 7 – Resumo de diretrizes das características termofísicas dos elementos de envoltória

Quanto às aberturas, aconselha-se o uso de fator solar inferior a 0,69 para as famílias A e B, enquanto que para a família C indica-se o emprego de vidros com o fator solar inferior a 0,43, como mostra a Tabela 8. Na família C, também se especifica o uso de ventilação na cobertura.

Quanto aos elementos de sombreamento, recomenda-se o uso de brises verticais de 80 cm de profundidade para as zonas climáticas das famílias B e C, enquanto que à família A, sugere-se o emprego de brises verticais de 30 cm de profundidade. Quanto ao uso da chapa perfurada, indica-se para família A uma membrana com taxa de opacidade de 40% e que ocupe 35% da área de abertura. Para família B, mantém-se a sobreposição de

35% da área de abertura, mas utiliza-se uma taxa de opacidade de 80%. Já para a família C, cobre-se 100% das aberturas com a membrana de placas perfuradas com uma taxa de opacidade de 60%.

| Número da Diretriz | Categoria | Detalhamento | Família A (ZB 1 e ZB 2) | Família B (ZB 3 a ZB 6) | Família C (ZB 7 e ZB 8) |
|--------------------|--------------|---|---|---|--|
| 6 | Aberturas | Fator Solar do vidro utilizado nas esquadrias | 0,69 ou menor | 0,69 ou menor | 0,43 ou menor |
| 7 | Ventilação | Estratégia de Forro Ventilado para cidades muito quentes | Projeto Padrão | Projeto Padrão | Grelha de ventilação na cobertura |
| 8 | Brises | Tamanho do brise vertical do bloco de Salas de Aula | 30 cm | 80 cm | 80 cm |
| 9 | Sombreamento | Uso de membrana de sombreamento (chapa perfurada) nas janelas das salas de aula | 35% da área de abertura; Taxa de opacidade 40% | 35% da área de abertura; Taxa de opacidade 80% | 100% da área de abertura; Taxa de opacidade 60% |

Tabela 8 – Resumo de diretrizes quanto às aberturas e elementos de sombreamento

51 CONCLUSÕES

Após a avaliação dos resultados, nota-se a relevância de avaliar o desempenho energético dos projetos de unidades públicas de ensino desde etapa de projeto, para garantir a etiqueta A do PBE Edifica, assim como determinado na IN 02/2014.

O projeto original não possibilitava a obtenção das etiquetas A em nenhuma das zonas bioclimáticas, sendo B a melhor etiqueta. As tipologias arquitetônicas propostas pelo FNDE aplicadas em zonas bioclimáticas 3 a 6, de temperaturas mais amenas, foram as que permitiram melhor desempenho energético. As zonas de clima extremo tiveram desempenho inferior, com etiqueta C nas zonas 1 e 2, de maior desconforto por frio, e etiqueta E nas zonas 7 e 8, de maior desconforto por calor.

Devido às diretrizes do MEC de unidade de ensino replicável e de baixo custo, a alteração apenas dos dados de transmitância térmica das tipologias arquitetônicas foi suficiente para viabilizar o alcance da etiqueta A em 6 das 8 zonas bioclimáticas. Ressalta-se, no entanto, que o atingimento à Etiqueta A ou B da envoltória, facilmente obtido pelo método prescritivo não garantem adequado conforto térmico ao ambiente escolar em questão. Neste sentido, as recomendações listadas na Tabela 9 abaixo visam garantir, além de eficiência energética, adequado conforto térmico ao interior do ambiente escolar, o que significa atingir valores de POC superiores à 80%.

Conclui-se que as famílias A e B têm potencial de obter POCs superiores a 80%,

portanto, alcançam etiqueta A sem grandes intervenções. As recomendações para o aumento do POC são exclusivamente para a família C, ou seja, para as zonas bioclimáticas 7 e 8. A Tabela 9 apresenta recomendações para o modelo original FNDE 5 e 9 salas de aula para aumento do conforto térmico para as três famílias, que garante o Equivalente numérico de Ventilação Natural (Etiqueta Parcial de Condicionamento de Ar).

| Zonas Bioclimáticas | Famílias de Zonas Bioclimáticas | Características |
|---------------------|---------------------------------|--|
| ZB1 e ZB2 | Família A | <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir transmitância de paredes e cobertura; • Não requer ângulos de sombreamento nas aberturas; • Isolamento interno de paredes (revestimento em MDF). |
| ZB3, ZB4, ZB5 e ZB6 | Família B | <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir transmitância da cobertura (Telha termoacústica com espessura maior que 3cm); • Requer ângulos de sombreamento nas aberturas; • Fator solar inferior a 0,69. |
| ZB7 e ZB8 | Família C | <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura ventilada (Aumento da câmara de ar e inserção de venezianas); • Requer ângulos de sombreamento nas aberturas; • Fator solar inferior a 0,69; • Absortância máxima de 30%. |

Tabela 9 – Recomendações gerais para melhoria do conforto térmico

Quanto às etiquetas gerais as propostas apresentadas mostram-se adequadas à obtenção da Etiqueta Geral Nível A, com exceção, das zonas climáticas 7 e 8, que obtiveram Etiqueta B. Neste caso, mostra-se indispensável utilizar o recurso de bonificação para melhoria da menção e obtenção da Etiqueta A. Sobre o formato das edificações, as três tipologias arquitetônicas tiveram desempenho de eficiência energética similar entre si, portanto, podem ser aplicadas em todas as zonas.

Apesar dos resultados positivos e do alcance dos objetivos propostos, considera-se necessário calcular a etiqueta de cada projeto específico após a escolha de implantação, devido às variações do norte e da insolação nas fachadas, que pode alterar os resultados finais obtidos neste artigo.

Além disso, registra-se que para além da etiqueta de eficiência energética, a busca pelo conforto térmico dos ambientes escolares por meio da adequação do projeto padrão representa uma quebra de paradigma da lógica da padronização para uma aproximação à lógica bioclimática, em que a adequada leitura das características climáticas de um lugar conduz as soluções projetuais do edifício.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima; CHOAS, Mona Lisa Lobo de Souza. Características do espaço arquitetônico facilitadoras do ensino e aprendizagem. **Revista Internacional Interdisciplinar Interthesis**, v. 13, n. 2, p.58-76, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Parâmetros básicos de infraestrutura para instituições de educação infantil. Brasília : MEC, SEB, 2006. 45 p. : il.

BRASIL, Paula de Castro; SILVA, Juliana Christiany. Impactos da arquitetura escolar na qualidade do ensino brasileiro. **Conhecimento & Diversidade**, v. 10, n. 21, p.188-198, 2018.

DELIBERADOR, Marcella Savioli; KOWALTOWSKI, Doris C.C.K.. Os elementos de conforto o processo de projeto escolar no estado de São Paulo. Apresentado e publicado nos anais do XI ENCAC 2011, **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII ELACAC Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**, Búzios, 2011, artigo 2 tópico 7, p. 1-10.

ELETROBRAS; INMETRO; LaBEEE; PROCEL. Manual de Aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade – RTQ-C. Brasil: 2010.

FDE – FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. Arquitetura escolar paulista - estruturas pré-fabricadas, São Paulo, **Diretoria de obras e serviços**, 2006.

FNDE – FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. Manual para Adequação de Prédios Escolares. 5ª Ed./Elaboração Carlos, Alberto Araújo Guimarães, Cláudia Maria Videres Trajano, Erinaldo Vitório, Rodolfo Oliveira Costa, Willamy Mamede da Silva Dias. Brasília: **Fundescola/DIPRO/FNDE/MEC**, 2005. 50 p.

_____. **Manual de Orientações Técnicas: Elaboração de Projetos de Edificações Escolares - Ensino Fundamental**. v.3, 192 p., 2017. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/areas-para-gestores/manuais>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

_____. **Orientação para elaboração de projetos de construção de centros de educação infantil**. Versão Preliminar. Cartilha Proinfancia. Brasília, p.52-55, 2006.

_____. **Programa de Ações Articuladas – PAR**. Disponível em: < <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/par>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

GRÜNBERG, Paula Regina Mendes, MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de, TAVARES, Sergio Fernando. Certificação Ambiental de Habitações: Comparação entre LEED for Homes, Processo AQUA e Selo Casa Azul. **Ambiente & Sociedade** 2014, XVII (Abril-Junio). Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31731560013>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

IN 02/2014 – Instrução Normativa N° 02 de 04 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit.

INMETRO, 2014. **Regulamento Técnico do Nível de Eficiência Energética**. Disponível em: <http://www.pbeedificacao.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf>

JÚNIOR, João Fernandes; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves. Aplicação de processo de etiquetagem a edificação escolar padrão do estado de minas gerais. **XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído**, São Paulo, v. 1, n. 11, p.1-10, out. 2015.

KITA, Monica Fischer Nunes. Análise da contribuição das certificações ambientais aos desafios da Agenda 2030. **Revista Internacional de Ciências**, v. 8, n. 1, p.27-46, 21 2018. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/ric.2018.30754>.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Cartilha: O Que Fazer Para Tornar Mais Eficiente O Uso De Energia Elétrica Em Prédios Públicos**, 2013. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/cartilha+ ENERGIA+op1.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/cartilha+ENERGIA+op1.pdf)>. Acesso em: 05 out. 2017.

PBEEDIFICA. **Manual para o Entendimento da Etiquetagem de Edificações pelo Gestor Público**. v.1, 120 p., 2014. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_Gestor_Publico_20140613_1.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2019.

PEREIRA, Iraci Miranda; ASSIS, Eleonora Sad de. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n.1, p. 31-51, 2010.

VELOSO, Ana Carolina O. et al. Energy efficiency labeling: Study about the influence of schedule definitions. **Journal Of Renewable & Sustainable Energy**, v. 10, n. 3, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 23, 27, 28, 47, 52, 54, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71

Acessibilidade no espaço público 57

Acústica de salas 137, 140, 141, 149, 150

Análise comparativa 19, 20, 21, 25, 33

Aquecimento global 95, 96, 97, 98, 100, 102, 106, 107, 127

Arquitetura 2, 36, 37, 55, 95, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 134, 135, 136, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 160, 161, 164, 165, 166, 167, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 195, 196, 197

Arquitetura moderna gaúcha 151, 152, 166

Aurilização 137, 139, 148

Avaliação 18, 23, 96, 106, 109, 113, 115, 121, 124, 135, 137, 139, 150, 168, 171, 175

B

Bioclimatização 125, 135

Brasil 2, 17, 23, 24, 35, 36, 37, 41, 42, 44, 55, 59, 60, 70, 74, 107, 110, 111, 123, 138, 176

C

Centro histórico 56, 57, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 72, 73, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92

Centros históricos 56, 57, 59, 70, 71, 72, 77, 85, 94

Centro tombado 57

Cerâmica 99, 100, 125, 126, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 155, 166, 169

Cidade 6, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 70, 95, 97, 98, 102, 117, 151, 153, 166

Cidades medias 1

Conforto térmico 102, 104, 106, 109, 111, 116, 119, 121, 122, 127, 128, 135

Conservação 27, 64, 123

Construção 1, 4, 7, 19, 21, 27, 28, 41, 61, 110, 111, 123, 130, 137, 146, 152, 153, 169, 176, 178, 179, 194, 195

Construção Civil 110, 137, 176, 178, 179

Consumo 21, 73, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 102, 104, 105, 106, 107, 110, 115

Consumo energético 95, 97, 98, 99, 102, 104, 105, 106, 107

D

Desempenho estrutural 168, 170, 171, 175, 176

E

Edifícios de apartamento 151

Educação 12, 23, 52, 55, 64, 109, 111, 123, 134, 135, 196, 197

Eficiência energética 97, 101, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 118, 121, 122, 123, 135

Eixo verde 37, 38, 47, 50

Ensino 52, 109, 111, 112, 113, 121, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 149, 150, 196, 197

Escola 48, 114, 120, 131, 135, 142, 145, 147, 165, 196

I

Impacto 23, 24, 32, 40, 73, 74, 95, 96, 97, 110, 127, 128, 129, 168, 171, 172, 173, 175

Infraestrutura 3, 4, 5, 10, 11, 16, 27, 28, 31, 33, 37, 38, 40, 43, 44, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 63, 64, 66, 109, 111, 112

Infraestrutura urbana 3, 10, 11, 33, 37, 38, 44, 47, 52, 54, 63, 66

Inteligibilidade 137, 138, 139, 140, 141, 145, 146, 147, 150

L

Legislação 1, 5, 6, 7, 8, 17, 23, 63, 110, 151, 152, 154, 156, 161, 164, 165, 185, 188, 189, 193, 195

Legislação urbana 1, 6, 17

M

Mapeamento 18, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186, 190, 195

Mobilidade urbana 1, 2, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 27, 28, 34, 36, 39, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 70

Multidisciplinaridade 125

P

Painéis leves 168, 169, 175, 176, 177

Paisagem urbana 57

Patrimônio 52, 56, 57, 59, 60, 62, 66, 70, 71

Pesquisa 1, 2, 4, 6, 7, 8, 16, 17, 19, 21, 27, 33, 34, 40, 41, 42, 52, 54, 57, 101, 112, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 151, 152, 179, 180, 181, 182, 194, 195, 196

Planejamento 3, 5, 6, 7, 8, 12, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 39, 58, 70, 98, 106, 128, 130, 194

Planos 1, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 29, 33, 35, 53, 62, 155, 157, 160, 166

Praças 37, 38, 39, 41, 42, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 54

Praças públicas 37, 38

Prática 32, 33, 59, 125, 130, 132, 178, 179, 180, 182, 195

Processo de projeto 123, 178, 179, 180, 181, 183, 194, 195, 196

Processos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16, 17, 23, 24, 25, 34, 35, 61, 66, 169, 170, 178, 179, 180, 181, 182, 195

Produção habitacional 1, 4, 6, 7, 8, 16, 17

Q

Qualidade acústica de salas de aula 137, 150

R

Reconfiguração territorial 1, 6, 7, 17

Revitalização 37, 50, 52

S

Savana Brasileira 95

Segurança 26, 48, 52, 59, 60, 61, 170, 172, 173, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196

Segurança contra incêndio 170, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196

Sociedade 19, 20, 22, 24, 34, 37, 39, 60, 123, 128, 150

T

Território 4, 16, 20, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 52, 54, 55

U

Urbanismo 2, 36, 37, 55, 73, 94, 95, 128, 129, 135, 136, 197

V

Vedações verticais externas 168, 172, 173

Pesquisas, processos e práticas em

arquitetura e urbanismo

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Pesquisas, processos e práticas em

arquitetura e urbanismo



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br