

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL - GESTÃO
TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE**

CLÁUDIA SILVA BABICK

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO, LUMÍNICO E DE VENTILAÇÃO
NATURAL DE PROJETO PADRÃO DE EDIFÍCIO ESCOLAR DO FNDE DE
ACORDO COM OS REQUISITOS DE NORMAS E REFERENCIAIS NACIONAIS E
INTERNACIONAIS**

**São Leopoldo
2016**

Cláudia Silva Babick

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO,
LUMÍNICO E DE VENTILAÇÃO NATURAL DE
PROJETO PADRÃO DE EDIFÍCIO ESCOLAR DO
FNDE DE ACORDO COM OS REQUISITOS DE
NORMAS E REFERENCIAIS NACIONAIS E
INTERNACIONAIS

Artigo apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Especialista em
Construção Civil, pelo Curso de
Especialização em Construção Civil -
Gestão Tecnologia e Sustentabilidade da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -
UNISINOS

Orientador: Prof. Maurício C. Ayres Torres

Arquiteto e Urbanista, Master em Tecnologias da
Edificação, Doutor em Engenharia Civil, LEED AP

São Leopoldo

2016

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO, LUMÍNICO E DE VENTILAÇÃO NATURAL DE PROJETO PADRÃO DE EDIFÍCIO ESCOLAR DO FNDE DE ACORDO COM OS REQUISITOS DE NORMAS E REFERENCIAIS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Cláudia Silva Babick

Maurício C. Ayres Torres

Resumo: Buscando reduzir o déficit de vagas nas creches da rede pública, o Governo Federal brasileiro criou, em 2007, o programa Proinfância, o qual disponibilizou recursos para a implantação de escolas de educação infantil e quatro projetos padrão, que desde então vêm sendo construídos em todo o país. Levando em conta estudos que demonstram a ampla relação entre a qualidade das edificações com o desempenho na aprendizagem, este artigo tem o objetivo de verificar se o Projeto Padrão Tipo-C, desenvolvido pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, é adequado para a utilização nas oito zonas bioclimáticas brasileiras, no que se refere a iluminação, ventilação e conforto térmico. O projeto foi analisado e contrastado às exigências das normas e referenciais brasileiros e internacionais sobre os temas, verificando se possui as características necessárias para atingir o desempenho requerido em cada requisito. Foi constatado que o projeto não contempla todas as variáveis de estratégias de projeto necessárias para um bom desempenho, o que pode implicar em maior consumo energético para alcançar requisitos mínimos de conforto para os usuários.

Palavras-chave: Projeto padrão. Proinfância. Desempenho. Edifício escolar. Educação infantil.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Histórico da Educação no Brasil

Apesar da Educação Infantil no Brasil ter iniciado há mais de 150 anos, foi a partir nos anos 1970 que seu crescimento se tornou mais acelerado até meados da década de 90. Inicialmente ela tinha um caráter assistencialista, destinada apenas a crianças carentes e sem grandes investimentos na qualidade do ensino e do ambiente, sendo em grande parte atendida por instituições filantrópicas e associações comunitárias.

A afirmação da importância da qualidade do ensino de crianças de 0 a 6 anos de idade aconteceu em 1996 com a Lei de Diretrizes Básicas da Educação Nacional (Lei nº 9.394/96), que institui a Educação Infantil como a primeira fase da Educação

Básica e garante que a construção e conservação das instituições sejam incluídas nos orçamentos da educação, além da qualificação dos educadores.

Segundo as recomendações da UNESCO (1998; 2001), o prédio escolar,

“[...] deve ser seguro e atraente em termos de seu projeto global, funcionalidade no layout; deve dar condições para que seja efetivamente possível um ensino efetivo, atividades extracurriculares em especial em áreas carentes e rurais - atuando como um centro comunitário. Deve ser construída a escola em conformidade com padrões sanitários, tendo durabilidade, adaptabilidade e deve requerer uma manutenção econômica.”

Analisando os dados do Censo Escolar da Educação Básica 2013, divulgada pelo INEP, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, verifica-se que no ano de 2007 pouco mais de 14% das crianças de zero a três anos estavam matriculadas, enquanto que na faixa de quatro a seis anos esse número era de 83,16%. Em 2012, esse valor aumentou respectivamente para 24,07% e 86,19% (crianças de 4 a 5 anos). É importante levar em conta que em 2010 passou a ser obrigatório o ensino fundamental de 9 anos, quando crianças de 6 anos passaram a pertencer ao 1º ano do ensino fundamental, deixado de ser alvo da pré-escola.

Mesmo com dados apontando para um crescimento no número de matrículas, uma parcela expressiva da população, principalmente de zero a três anos, ainda continua sem acesso à Educação Infantil. A grande maioria, 63,2% das matrículas, se concentra nas dependências municipais e apenas 36,6% em instituições privadas.

1.2 O Plano Nacional de Educação

Parte das ações do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) do Ministério da Educação, foi instituído, através da Resolução nº6, de 24 de abril de 2007, o Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância), onde o Governo Federal repassa recursos aos municípios para a construção de creches, compra de equipamentos e mobiliário. O programa investiu na construção de 2.543 escolas, por meio de convênios no período de 2007 a 2014, e a partir de 2011, com o PAC2 (Plano de Aceleração do Crescimento), outras 6.185 unidades de educação infantil foram apoiadas com recursos federais.

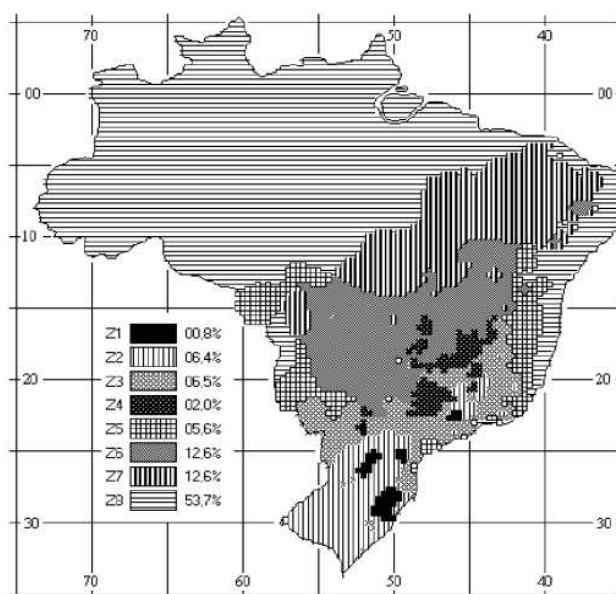
Em 2014 foi aprovado o novo Plano Nacional de Educação (PNE 2014-2024), instituído pela Lei nº 13.005/2014. Através desse documento foram estipuladas 20 metas a serem atingidas na próxima década, onde a primeira delas é relacionada à educação infantil, que pretende atingir 100% das crianças de 4 a 5 anos matriculadas e no mínimo 50% das de crianças de 0 a 3 anos de idade. A meta 1 contempla ainda a melhoria da rede física das escolas públicas de educação infantil.

“A qualidade da arquitetura escolar depende do nível de adequação e de desempenho de seus ambientes, em seus aspectos técnicos, funcionais, estéticos e, conseqüentemente, do modo como esses aspectos afetam o bem-estar dos seus usuários. As relações edifícios-usuários estão diretamente vinculadas ao grau de interação e à capacidade de resposta dos edifícios e instalações escolares às atividades neles realizadas.”
(AZEVEDO, et al.,2004, pg 5.)

1.3 As Zonas Bioclimáticas Brasileiras

A NBR 15220-3: Desempenho térmico das edificações (ABNT, 2005b, p. 2), baseada em métodos estatísticos e dados de Normais Climatológicas, dividiu o Brasil em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima (figura 1) e “[...] para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.”

Figura 1 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Um ponto importante a ser analisado são os impactos gerados por um único projeto padrão para todo o país, o qual possui tantas variações climáticas. Segundo Paes e Bastos (2013), isso tende a gerar grandes prejuízos nos níveis de desempenho térmico, que, por sua vez, aumentam o consumo energético dessas edificações. De acordo com Kowaltowski (2011), a arquitetura escolar e a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente estão diretamente ligadas ao conforto ambiental, que inclui os aspectos térmico, visual, acústico e funcional proporcionados pelos espaços externos e internos.

De acordo com Kowaltowski (2011, p. 111):

“A arquitetura escolar e a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente estão diretamente ligadas ao conforto ambiental, que inclui os aspectos térmico, visual, acústico e funcional proporcionados pelos espaços externos e internos.”

1.4 Adequação de Ambientes Educacionais

A criança é reconhecida como sujeito do processo educacional e como principal usuário do ambiente educacional, procuramos identificar parâmetros essenciais para a concepção e a construção de um ambiente físico que ofereça condições compatíveis com os requisitos de infraestrutura definidos pelo PNE, com os conceitos de sustentabilidade, acessibilidade universal, bem como, com a adequação funcional necessária para o desenvolvimento da proposta pedagógica. Assim, a reflexão sobre suas necessidades de desenvolvimento - físico, psicológico, intelectual e social - constitui requisito essencial para a formulação dos espaços destinados à Educação Infantil. (Brasil, 1998 v2). Esse mesmo documento afirma que é de direito de todas as crianças que as edificações de educação infantil, entre outras premissas, possam assegurar à saúde, à higiene pessoal e dos ambientes; à exposição ao sol e ao ar livre; ao movimento; à segurança; à comodidade, ao conforto, ao aconchego, à beleza; às crianças com necessidades especiais.

As escolas de educação infantil são locais onde, geralmente, as crianças permanecem durante todo o dia. Nesse período elas desenvolvem atividades lúdicas e de aprendizagem. Proporcionar um ambiente com iluminação adequada para este desenvolvimento e ao mesmo tempo ser confortável para estimular o desenvolvimento das crianças é de extrema importância. De acordo com Bertolotti

(2007) “Entre os muitos fatores que influenciam os processos de aprendizagem, aqueles relacionados com as condições ambientais têm um papel determinante.”

1.5 Iluminação Natural e Eficiência Energética

A utilização da luz natural nos ambientes traz benefícios à saúde física e psíquica dos usuários, além de minimizar a necessidade de uso da luz artificial, que é responsável por grande parte do consumo energético em edificações não residenciais. Para Bertolotti (2007) outro aspecto a ser considerado é que a presença de luz natural quase sempre está associada com uma ligação visual dos ambientes com o exterior. A variação da luz natural nas diferentes horas do dia, às condições climáticas e às estações do ano são importantes para marcar os ritmos biológicos e psicológicos das pessoas.

As escolas de educação infantil, pelo seu horário de funcionamento e tipo de atividade, possuem grande potencial para a utilização desse sistema, podendo ser atendida plenamente pela luz natural. Segundo Dimoudi; Kostarela (2009), na Europa é crescente o incentivo a soluções sustentáveis para essa tipologia de edificação, além disso na escola as crianças têm a oportunidade de aprender como se tornarem cidadãos mais conscientes do meio ambiente e de sua preservação.

No Brasil a potencialidade de uso da iluminação natural é bastante grande. O território está compreendido entre as latitudes 0° e 32° Sul, aproximadamente, e os valores de iluminância natural disponível podem ultrapassar 70.000 lux ao meio dia no inverno e 100.000 lux ao meio dia no verão (Vianna; Gonçalves, 2001). Sendo assim, os valores de iluminância, indicados pela NBR 5413 (ABNT, 1992) para as atividades em sala de aula podem ser perfeitamente alcançados durante o dia apenas com a luz solar, se aberturas adequadas forem adotadas.

2 METODOLOGIA

Levando em conta a meta nº1 do novo PNE, que demonstra que o governo federal terá de fazer fortes investimentos para a ampliação de unidades de educação Infantil na próxima década, o presente artigo busca analisar a qualidade do projeto padrão desenvolvido pelo FNDE, da creche Tipo-C para 120 alunos, e ao

mesmo tempo procura fazer um comparativo das normas e diretrizes técnicas nacionais com as aplicadas em projetos High Performance Schools (escolas de alto desempenho) nos Estados Unidos, que são referência de desempenho, eficiência e apresentam um alto índice de qualidade no ensino.

Primeiramente, a história da Educação Infantil no país e sua situação atual foi analisada. Através de literatura, leis e programas do governo, foi possível visualizar a evolução e as transformações pelas quais ela passou, bem como a realidade da infraestrutura, a grande demanda por vagas e as medidas tomadas pelo governo em busca da ampliação e qualificação desses espaços.

Procedeu-se com a coleta de informações sobre o impacto da qualidade da arquitetura no aprendizado e a relevância da interação do indivíduo com o ambiente construído. Foram elencados três elementos para análise por estarem diretamente relacionados ao conforto e bem-estar dos usuários: iluminação, ventilação e desempenho térmico.

Para embasar a análise da edificação do programa Proinfância Tipo-C, foram analisadas as instruções normativas brasileiras referentes a esses elementos. Ao constatar a inexistência de normativas específicas sobre os temas citados para a tipologia da edificação em estudo, fez-se necessário estender a pesquisa buscando referências internacionais.

Essas normativas nacionais e internacionais de referência foram analisadas e os dados aplicáveis a edificações escolares de cada uma delas foram listados, comparando as exigências entre a legislação nacional e internacional e verificando quais itens foram cumpridos e quais não foram contemplados pelo Projeto Padrão Tipo-C.

Esquemáticamente a metodologia deste trabalho está organizada da seguinte maneira:

- a) Introdução – análise histórica e conjuntural dos temas relacionados
- b) Análise do Projeto Padrão Tipo-C;
- c) Análise das Normas e Referenciais Técnicos adotados;
 - o Análise do Atendimento aos Requerimentos de Conforto Térmico – Ventilação Natural;
 - o Análise do Atendimento aos Requerimentos de Conforto Térmico – Vedações Verticais;
 - Análise de Vedações Verticais - NBR15220;

- Análise de Vedações Verticais - NBR15575;
- Análise de Vedações Verticais - PBE Edifica – RTQ-C;
- Conforto Lumínico;
 - Iluminação Natural – NBR 15575 e FNDE;
 - Iluminação Natural – National Best Practices;
 - Iluminação Natural – Relação Altura do Vão de Abertura x Profundidade do Ambiente;
 - Iluminação Artificial;
 - Iluminação Artificial – RTQ-C
 - Iluminação Artificial – CHPS
- d) Considerações e Conclusões.

3 ANÁLISE DO PROJETO PADRÃO TIPO-C

O Projeto Padrão Tipo-C desenvolvido para o Programa Proinfância, tem capacidade para atender até 120 crianças em dois turnos, ou 60 em turno integral, distribuída da seguinte maneira: Creche I para crianças de 0 a 18 meses; Creche II 18 meses a 3 anos, Creche III de 3 a 4 anos e Pré escola para crianças de 4 anos a 5 anos e 11 meses.

O projeto arquitetônico, os memoriais, os projetos complementares e o orçamento são fornecidos pelo programa. Fica a cargo dos profissionais (engenheiros e arquitetos) dos municípios apenas a implantação e fiscalização da obra.

A escola de Educação Infantil é térrea e possui 4 blocos distintos de acordo com sua função: bloco administrativo, de serviços e dois blocos pedagógicos. Os blocos são interligados por circulações cobertas, e a edificação também possui pátio coberto, refeitório, área externa com playground e castelo d'água.

Segundo o FNDE ([2015]c, p. 4) "O partido arquitetônico adotado foi baseado nas necessidades de desenvolvimento da criança, tanto no aspecto físico, psicológico, como no intelectual e social. Foram levadas em consideração as grandes diversidades que temos no país, fundamentalmente em aspectos ambientais, geográficos e climáticos, em relação às densidades demográficas, os recursos socioeconômicos e os contextos culturais de cada região, de modo a propiciar ambientes com conceitos inclusivos, aliando as características dos

ambientes internos e externos (volumetria, formas, materiais, cores, texturas) com as práticas pedagógicas, culturais e sociais."

Não foram previstas diferentes soluções de fachada conforme sua orientação solar, uma vez que a implantação do edifício será definida pelos municípios, basicamente em função de facilidades de acesso. Essa despreocupação com a distinção das fachadas em relação à orientação solar, pode gerar uma diversidade de efeitos negativos em relação ao equilíbrio térmico dos ambientes internos, uma vez que os elementos verticais da edificação são as maiores áreas de contato com o ambiente externo e que neles estão inseridas as esquadrias, que através de sua porção transparente de vidro simples favorecem as trocas térmicas entre os ambientes internos e externos. As exigências do FNDE são somente em relação ao tamanho mínimo do terreno (45,00x35,00m) e que a escola seja localizada próxima da demanda por vagas.

Apesar do memorial descritivo (FNDE 2012,c) afirmar que o projeto é adaptado às diversidades climáticas de todo território nacional, evitando ao máximo o uso de equipamentos artificiais de controle de temperatura, as soluções apresentadas foram apenas elementos construtivos opcionais de controle de ventilação, alternativa de acabamento e alternativa para redução do pé-direito das salas de aula, para serem adotados conforme a necessidade climática da região .

Da mesma forma, não está prevista a possibilidade de alteração de dimensões das esquadrias, para adequar a necessidade de ventilação do ambiente para diferentes zonas bioclimáticas, apesar das diretrizes da NBR 15.220-3 (ABNT, 2005b) e do próprio FNDE (2012,a).

O sistema construtivo adotado é o de estrutura de concreto armado, com vedações verticais em alvenaria de blocos cerâmicos furados, laje pré-moldada do tipo vigota-tabela e telhas de barro modelo colonial.

A Figura 2 mostra dois cortes transversais do edifício, enquanto que a Figura 3 mostra a planta baixa do projeto em análise, as Figuras 4 e 5 imagens da maquete eletrônica.

Figura 2 - Cortes Esquemático do Projeto Padrão Tipo-C (sem escala)

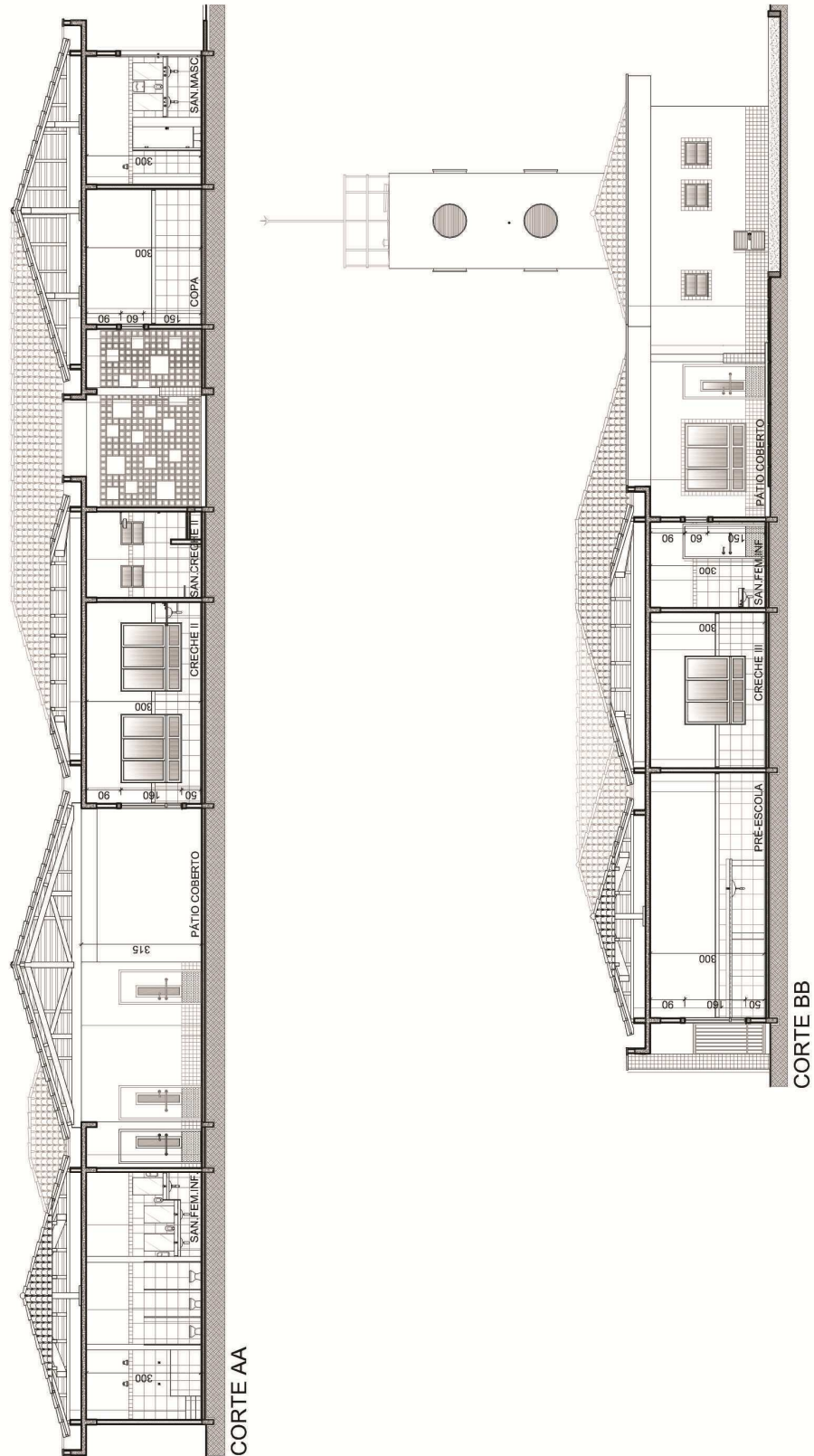
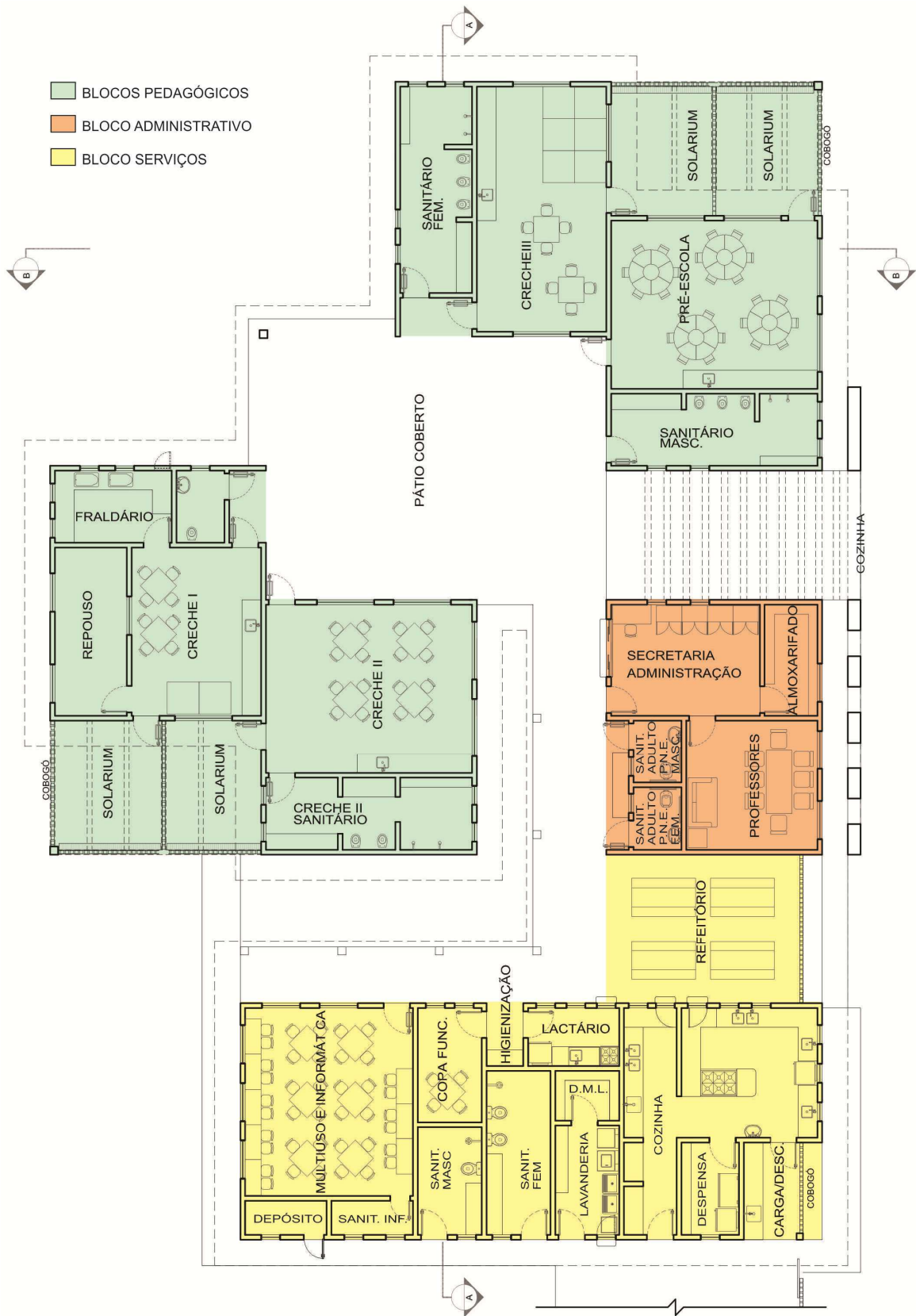


Figura 3 - Planta Baixa do Projeto Padrão Tipo-C (sem escala)



Fonte: adaptado de FNDE, 2012d, elaborado pela autora.

Figura 4 - Fachada Frontal do Projeto Padrão Tipo-C



Fonte: FNDE, 2012b.

Figura 5 - Fachada Posterior do Projeto Padrão Tipo-C



Fonte: FNDE, 2012b.

4 ANÁLISE DAS NORMAS E REFERENCIAIS TÉCNICOS ADOTADOS

O presente estudo analisará a adequação de três critérios no Projeto Padrão do FNDE – desempenho térmico, iluminação e ventilação natural. Para poder analisar esses critérios, normas nacionais e internacionais, além de referenciais técnicos serão utilizados como parâmetros de requerimentos. Essas normativas e referenciais técnicos podem ser visualizados na Tabela 1.

Como não existem normas nacionais específicas de conforto térmico para edificações escolares, serão analisadas duas normas nacionais que tratam de ambientes naturalmente climatizados para edificações habitacionais. A NBR 15220-3 - *Desempenho térmico de edificações* – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005f), que é a Norma de Desempenho Térmico nas Edificações e entrou em vigor em maio de 2005. Esta Norma definiu as 8 Zonas Bioclimáticas Brasileiras, sendo constantemente referenciada na NBR 15575.

Elementos Analisados	Normas Nacionais	Normas e Guias Internacionais	Outros Documentos
Desempenho Térmico	NBR 15220; NBR 15575-1; NBR 15575-4; NBR 15575-5	ASHRAE Standard 55; National best practices manual for building high performance schools	FNDE (2012a); PBE Edifica RTQ-C;
Iluminação	NBR 5413; NBR 15215-3; NBR 15575-1	National best practices manual for building high performance schools; <i>High Performance Schools – Best Practices Manual: Volume II (CHPS 2006)</i>	FNDE (2012a); PBE Edifica RTQ-C;
Ventilação	NBR 15220; NBR 15575-1; NBR 15575-4;	ASHRAE Standard 62.1	FNDE (2012a); PBE Edifica RTQ-C;

Fonte: elaborado pela autora.

Em vigor desde julho de 2013, a NBR 15575, que apesar de ser obrigatória apenas para edificações residenciais, será utilizada neste estudo como um parâmetro a mais, pois contempla o desempenho em ambientes de permanência prolongada. Sendo as salas de aula ambientes de permanência prolongada de crianças em fases de desenvolvimento e aprendizado pré-escolar, a analogia é de aplicação dos requisitos da referida Norma a esses ambientes é plausivelmente justificada. Esta NBR está dividida em 6 partes, e destas serão utilizadas as seguintes: NBR 15575-1 (*Edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais*), NBR 15575-4 (*Edificações habitacionais – desempenho – parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE*) e NBR 15575-5 (*Edificações habitacionais – desempenho – parte 5: requisitos para sistemas de coberturas*) (ABNT 2013a, 2013b, 2013c), as quais serão analisadas pelo procedimento simplificado.

Para a verificação do conforto lumínico serão utilizadas a NBR-5413: Norma brasileira para iluminância de interiores (ABNT 1992) que estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, e estabelece a iluminância (em lux) por atividades e NBR-15215-3: Iluminação natural – parte 3: procedimentos de cálculo para a determinação para a iluminação natural em ambientes internos.

Será empregado também o RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Serviços e Públicos) que

apresenta a metodologia de avaliação de conformidade para obtenção do selo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Nacional de Etiquetagem (PNE). A obtenção do selo ENCE nível A é obrigatória para prédios públicos federais com área superior a 500m² desde junho de 2014.

O manual do FNDE (2012a) Diretrizes Técnicas para Apresentação de Projetos e Construção de Estabelecimentos de Ensino: caderno de requisitos e critérios de desempenho para estabelecimentos de ensino público, foi considerado importante, pois se refere especificamente aos edifícios escolares.

Será abordada a norma americana ASHRAE Standard 55: 2010 (Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy), a qual será considerado apenas o método opcional para determinar condições térmicas aceitáveis para ambientes naturalmente ventilados.

National Best Practices Manual for Building High Performance Schools (NBP) fornecido pelo Departamento de Energia dos EUA, é um guia de boas práticas para edifícios escolares, criado para auxiliar no desenvolvimento de projetos e reformas, para melhorar a eficiência energética das escolas e incentivar o uso de energias renováveis, assim como o Collaborative for High Performance Schools – Best Practices Manual: Volume II (CHPS, 2006).

O NBP e o CHPS foram adotados como referências neste estudo, devido a estudos realizados nos Estados Unidos, que demonstram que alunos que frequentam escolas sustentáveis e mais eficientes, apresentaram maior índice de frequência e desempenho superior aos que frequentam as demais escolas, bem como outros benefícios, como menor rotatividade de professores.

4.1 Análise do Atendimento aos Requerimentos Conforto Térmico - Ventilação Natural

As aberturas têm extrema importância na ventilação e renovação do ar, quando dispostas de forma correta podem garantir o conforto dos usuários e a qualidade do ar. Dada a condição de que crianças são mais vulneráveis à poluição e ao ar viciado, é de grande importância um correto dimensionamento e posicionamento das esquadrias para garantir uma troca suficiente do ar e a qualidade do mesmo.

Os requerimentos de ventilação natural e de sombreamento das aberturas das normas e referenciais técnicos adotados estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 – Requerimentos de dimensões e sombreamento de aberturas para ambientes de permanência prolongada			
	NBR 15.220-3	NBR 15.575-4	FNDE (2012a)
Zona Bioclimática 1 a 3			
Tamanho das Aberturas	Aberturas médias 15% a 25% da área do piso	Aberturas médias A≥7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)	Aberturas médias A≥7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)
Sombreamento das Aberturas	permitir sol durante o inverno	Não exige	Não exige
Zona Bioclimática 4 a 6			
Tamanho das Aberturas	Aberturas médias 15% a 25% da área do piso	Aberturas médias A≥7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)	Aberturas médias A≥7% da área do piso (devem ser passíveis de serem vedadas no inverno)
Sombreamento das Aberturas	sombrear aberturas	Não exige	Não exige
Zona Bioclimática 7			
Tamanho das Aberturas	Aberturas peq. 10% a 15% da área do piso	Aberturas médias A≥7% da área do piso	Aberturas médias A≥7% da área do piso
Sombreamento das Aberturas	sombrear aberturas	Não exige	Não exige
Zona Bioclimática 8			
Tamanho das Aberturas	Aberturas grandes > 40% da área do piso	Aberturas grandes A ≥ 12 % da área de piso (região norte) A ≥ 8 % da área de piso (região nordeste e sudeste)	Aberturas grandes A ≥ 12 % da área de piso (região norte) A ≥ 8 % da área de piso (região nordeste e sudeste)
Sombreamento das Aberturas	sombrear aberturas	Não contempla	Não contempla
Standard 62.1(ASHARE, 2004)			
Mínimo de 4% da área do piso			
NBP (U.S. Department of Energy, 2007)			
Mínimo de 5% da área do piso, e não menor do que 4,45m ² em salas de aula			
Fonte: elaborada pela autora.			

O NBP (National Best Practices Manual for Building High Performance Schools) determina que ambientes que dependam apenas de ventilação natural,

Creche II	A	A	A	A	P	N	A	N	N	A	N	N	N	N
Creche III	A	N	A	N	P	A	N	N	A	A	N	A	N	N
Pré-escola	A	A	N	A	P	N	A	N	N	N	N	N	N	N
Multiuso	A	N	N	N	P	N	N	N	N	A	N	N	N	N
Professores	A	A	N	N	P	N	N	A	N	N	A	N	N	A
Adm/ secretaria	A	A	A	N	P	N	N	A	N	N	A	N	N	A
Cozinha	A	A	N	N	P	N	N	A	N	N	A	N	N	A

Legenda: **T**(tamanho das aberturas) – **S**(sombreamento das aberturas) – **VC**(ventilação cruzada) – **A**(atende) – **N**(não atende) – **P**(atende parcialmente)

Fonte: elaborada pela autora.

Além do conforto térmico, a impossibilidade de modificar as dimensões das aberturas pode comprometer a qualidade de iluminação natural do ambiente, uma vez que a intensidade de radiação solar é variável para as diferentes zonas bioclimáticas e para cada fachada do edifício. Essa situação também pode ocasionar áreas de ofuscamento, uma vez que não está prevista a possibilidade de utilização de elementos de sombra internos.

A Standard 55 (ASHARE, 2010) não relaciona o tamanho das aberturas ao conforto dos usuários, mas em seu texto, determina alguns requisitos para um ambiente ser naturalmente condicionado. Dentre eles, que o ambiente seja equipado com janelas de fácil acesso e operação, que os ocupantes não tenham atividades físicas com altas taxas metabólicas nesse local, e que os ocupantes possam adaptar livremente a sua roupa para o interior e / ou condições térmicas exteriores. Além de determinar que a média mensal de temperatura externa não seja inferior a 10 °C e nem superior a 33,5°C.

4.2 Análise do Atendimento aos Requerimentos Conforto Térmico - Vedações Verticais

4.2.1 Análise de Vedações Verticais - NBR 15220

Segundo Paes e Bastos (2013, p. 133) “[...] constitui-se um desafio à ação do projetar que considere toda a variedade destas questões energéticas e ambientais que vêm se somar aos critérios usuais de projeto.” A NBR 15220-1 (ABNT, 2005b)

indica diferentes estratégias construtivas de paredes e coberturas para cada zona bioclimática, as quais foram relacionadas no quadro abaixo, para melhor visualização e comparação ao Projeto Padrão Tipo-C.

Tabela 5 – Diretrizes construtivas da NBR15220-3 para vedações opacas

Zona bioclimática	Paredes externas	Cobertura
1 e 2	leve	leve isolada
3 e 5	leve refletora	leve isolada
4 e 6	pesada	leve isolada
7	pesada	pesada
8	leve refletora	leve isolada

Fonte: adaptada da ABNT, 2005b, elaborada pela autora.

Utilizando as tabelas D.3 do Anexo D, da NBR 15220-3 (ABNT, 2005d), foi possível caracterizar as vedações verticais e horizontal do Projeto Padrão Tipo-C. Para as paredes foi utilizado o item parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão e espessura total da parede de 15,0 cm, para cobertura usou-se o item de telha te barro com forro de laje mista de 12cm.

Tabela 6 - Caracterização da vedações do Projeto Padrão Tipo-C

	Transmitância térmica U[W/(m ² .K)]	Capacidade e térmica CT[kJ/(m ² .K)]	Atraso térmico □ [horas]	Absortância α	Classificação NBR 15220
Parede	2,24	167	3,7	α =0,5 ¹	Leve
Cobertura	1,92	113	3,6	α =0,5 ¹	Leve isolada

α é a absorvância à radiação solar da superfície externa.

¹ Valor da absorvância à radiação solar para cor média, conforme item 11.5.1 da NBR 15575 (ABNT, 2013a).

Fonte: adaptada da ABNT, 2005b, elaborada pela autora.

Dessa maneira, a Tabela 7 mostra em quais zonas bioclimáticas o Projeto Padrão Tipo-C atende às orientações da NBR 15220(ABNT, 2005d).

Tabela 7 - Verificação das vedações do Projeto Padrão Tipo-C

Projeto Padrão Tipo-C		Zona Bioclimática					
		1 e 2	3	4 e 6	5	7	8
Paredes externas	leve	A	N	N	N	N	N
Cobertura	leve isolada	A	A	A	A	N	A

Legenda: **A**(atende) – **N**(não atende) – **P**(atende parcialmente)

	CT[kJ/(m ² .K)] – 167								
Cobertura	Transmitância térmica U[W/(m ² .K)] – 1,92	M	M	M	M	M	M	NA	NA

Legenda: **M** (desempenho mínimo) – **I** (desempenho intermediário) – **S** (desempenho superior) – **NA** (não atende) – **s/e** (sem exigência)

Fonte: elaborada pela autora.

Se compararmos os dados obtidos do Projeto Padrão Tipo-C com os parâmetros de desempenho da NBR 15575 (2013b, 2013c), podemos ver que as vedações verticais atendem ao padrão mínimo de desempenho térmico para todas as zonas bioclimáticas, enquanto que o sistema de cobertura não atende ao padrão mínimo para as zonas 7 e 8.

Para uma especificação adequada dos elementos e materiais a serem utilizados na envoltória da edificação, é necessário saber o contexto ao qual ele será inserido. Paes e Bastos (2013, p. 133), afirmam que, as condições climáticas e locais as quais a edificação está exposta são variáveis essenciais a serem consideradas ainda nas primeiras etapas do projeto.

4.2.3 Análise de Vedações Verticais - PBE Edifica – RTQ-C

A Tabela 10 mostra os coeficientes mínimos de transmitância térmica e de absorvância solar das paredes externas e das coberturas, de acordo com a zona bioclimática em que estão inseridas, de acordo com as exigências do RTQ-C do PBE Edifica.

Tabela 10 - Classificação de paredes e cobertura do RTQ-C

	Nível A	Nível B	Nível C e D
Coberturas (transmitância térmica)			
Zona 1 e 2, ambientes condicionados	0,50 W/m ² K	1,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Zona 1 e 2, ambientes não cond.	1,00 W/m ² K	1,50 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Zona 3 a 8, ambientes condicionados	1,00 W/m ² K	1,50 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Zona 3 a 8, ambientes não cond.	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K
Coberturas (absorvância Zona)			
Zona 1	SR	SR	SR
Zona 2 a 8	$\alpha \leq 0,50$	$\alpha \leq 0,50$	SR
Paredes (transmitância térmica)			

Zona 1 e 2	1,00 W/m ² K	2,00 W/m ² K	2,50 W/m ² K
Zona 3 a 6	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K
Zona 7 e 8 (capacidade térmica máxima 80kJ/m ² K)	2,50 W/m ² K	2,50 W/m ² K	2,50 W/m ² K
Zona 7 e 8 (capacidade térmica superior 80kJ/m ² K)	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K	3,70 W/m ² K
Paredes (absortância Zona)			
Zona 1	SR	SR	SR
Zona 2 a 8	$\alpha \leq 0,50$	SR	SR

Legenda: **SR** (sem restrição)

Fonte: adaptado do RTQ-C, elaborado pela autora.

A Tabela 11 mostra os níveis de conformidade alcançados pelas paredes e cobertura do Projeto Padrão Tipo-C para as zonas bioclimáticas brasileiras de acordo com o RTQ-C.

Tabela 11 - Verificação do desempenho de paredes e cobertura do Projeto Padrão Tipo-C pelo RTQ-C

Projeto Padrão Tipo C		Zona Bioclimática							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Cobertura	Transmitância térmica (ambientes condicionados)	C	C	C	C	C	C	C	C
	Transmitância térmica (ambientes não cond.)	C	C	A	A	A	A	A	A
	Absortância	SR							
Parede	Transmitância térmica	C	C	A	A	A	A	A	A
	Absortância	SR	C	A	A	A	A	A	A

Legenda: **A** (Nível A) – **B** (Nível B) – **C** (Nível C e D)

Fonte: elaborado pela autora.

Verificamos que o Projeto Padrão Tipo-C alcança o Nível A apenas nos itens onde é estipulado o mesmo valor para os Níveis A,B,C e D, sendo que nos demais atinge apenas o Nível C e D, como demonstrado nas Tabelas 10 e 11.

4.3 Conforto Lumínico

A NBR 5413 (ABNT, 1992) e NBR 12215 (ABNT, 2005a, 2005b, 2005c) não delimitam tamanho de aberturas, em geral, as dimensões mínimas são exigidas pelo código de obras dos municípios. Para avaliar as dimensões das esquadrias do

Projeto Padrão Tipo-C, foi comparado aos requisitos contidos no documento Diretrizes Técnicas para Apresentação de Projetos e Construção de Estabelecimentos de Ensino (FNDE, 2012a) e a NBR 15575 (ABNT, 2005a).

4.3.1 Iluminação Natural - NBR 15575 e FNDE

A Tabela 12 mostra as porcentagens mínimas de tamanho de aberturas em relação às áreas de piso de acordo com os requerimentos da NBR 15575 e do FNDE.

Tabela 12 – Níveis mínimos de iluminamento natural
(área do piso/área transparente da esquadria)

	NBR 15575	FNDE	Projeto Padrão Tipo-C
Creche I *	NC	1/8 (12,5%)	8,74%
Sala de repouso*	NC	1/8 (12,5%)	17,27%
Fraldário	NC	1/10 (10%)	9,38%
Creche II	NC	1/5 (20%)	22,32%
Sanit. Creche II	NE	1/10 (10%)	5,30%
Creche III	NC	1/5 (20%)	18,30%
Pré-escola	NC	1/5 (20%)	22,32%
Multiuso/ informática	NC	1/5 (20%)	16,60%
Sanit. Inf. fem.	NE	1/10 (10%)	5,30%
Sanit. Inf. masc.	NE	1/10 (10%)	5,30%
Diretoria/secretaria	NC	1/5 (20%)	11,47%
Sala de professores	NC	1/5 (20%)	12,29%
Almoxarifado	NC	1/10 (10%)	17,92%
Sanitários PcD	NE	1/10 (10%)	6,50%
Cozinha	≥60lux	1/5 (20%)	6,28%
Vest. Fem	NE	1/10 (10%)	1,86%
Vest. Masc.	NE	1/10 (10%)	2,33%

Legenda: **NE** não exigido – **NC** não consta
*Não foi considerada a esquadria entre ambientes

Fonte: elaborada pela autora.

O Projeto Padrão Tipo-C alcançou a porcentagem mínima de área de iluminação natural em apenas quatro ambientes dos 17 analisados.

4.3.2 Iluminação Natural - National best practices

O *National Best Practices Manual for Building High Performance Schools* (U.S. Department of Energy, 2007) não foi listado na Tabela 12, pois utiliza outra forma para calcular a área de iluminação natural nos ambientes, o qual se baseia na área de parede e não do piso do ambiente. Ele limita a utilização de janelas laterais em 40% da área de parede, e ainda sugere o uso de sombreamento fixo ou móvel, e 5% da área de cobertura para iluminação zenital.

Para evitar a iluminância excessiva proveniente da abóboda celeste e do sol, e reduzir o ganho de calor, o ideal para esse tipo de iluminação é o uso de elementos de controle solar (brises solares, prateleiras de luz, persianas internas) aplicados sozinhos ou em conjunto. O Projeto Padrão Tipo-C, não contempla o uso desses elementos de proteção, apenas utiliza-se de cobogós na área do refeitório, mas como elemento de vedação, uma vez que a esquadria no local é opcional.

A Tabela 13 mostra os requerimentos de porcentagem de abertura de acordo com o *National Best Practices Manual for Building High Performance Schools*.

Ambiente	Área de parede* (m ²)	Área transparente** (m ²)	%	Sombreamento
Creche I	12,19	1,89	15,50	não
Sala de repouso	23,42	2,04	8,71	não
Fraldário	13,73	0,77	5,61	não
Creche II	53,73	7,56	14,07	não
Sanit. Creche II	27,09	0,77	2,84	não
Creche III	37,93	5,67	14,95	não
Pré-escola	36,12	7,56	20,93	não
Multiuso/ informática	34,40	5,10	14,82	não
Sanit. Inf. fem.	27,51	0,77	2,80	não
Sanit. Inf. masc.	7,22	0,77	10,66	não
Sanit. PNE inf.	4,97	0,19	3,83	não

Diretoria/secretaria	25,74	1,84	7,15	sim
Sala de professores	12,79	2,04	15,95	sim
Almoxarifado	10,84	1,02	9,41	sim
Sanitários PNE	6,32	0,19	3,01	não
Cozinha	39,13	1,85	4,73	não
Vest. Fem	6,47	0,19	2,94	não
Vest. Masc.	6,47	0,19	2,94	não

*soma de todas as paredes externas

**soma da área transparente das janelas

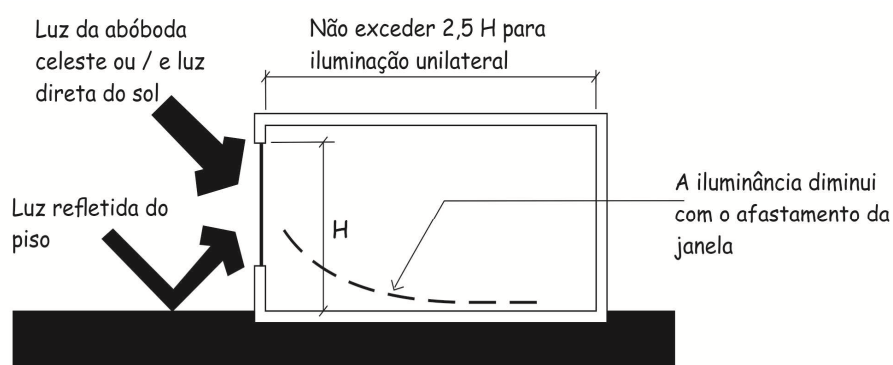
Fonte: elaborada pela autora.

Como a limitação de áreas transparentes é de 40% em relação às áreas opacas das paredes, todas as zonas cumpriram com esse requisito. Entretanto, a maioria das zonas não cumpre o requerimento de sombreamento. O Projeto Padrão Tipo-C não especifica iluminação zenital.

4.3.3 Iluminação Natural - Relação Altura do Vão de Abertura x Profundidade do Ambiente

Além do tamanho das aberturas é necessário levar em conta a sua localização para uma distribuição mais homogênea da luz. O Projeto Padrão Tipo-C, possui apenas uma tipologia de iluminação natural, a chamada iluminação lateral. De acordo com Vianna e Gonçalves (2001) uma das características mais marcantes da iluminação lateral é sua desuniformidade em termos de distribuição pelo local. Nos ambientes iluminados lateralmente, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento da distância da janela. A profundidade de eficiência da penetração da luz é igual à aproximadamente 1,5 a 2 vezes a altura de piso até a verga, como podemos ver na Figura 6.

Figura 6 – Relação profundidade x altura do vão da abertura



Fonte: Concepts In Architectural Lighting
Egan. M. David

Fonte: Adaptado de Scarazzato (2004), elaborado pela autora.

A Tabela 14 mostra essa relação entre a profundidade do ambiente e a altura do vão da abertura para os ambientes de permanência prolongado analisados.

Tabela 14 - Relação profundidade x altura do vão da abertura do Projeto Padrão Tipo-C

	Profundidade da sala	Altura da janela	Relação prof./altura
Creche I	5,25m	2,10m	2,5
Creche II*	5,25m	2,10m	2,5
Creche III**	3,85m	2,10m	1,83
Pré-Escola*	5,25m	2,10m	2,5
Multiuso/informática	5,25m	2,10m	2,5

*nos ambientes com janelas em faces adjacentes, foi considerado a menor profundidade;

**nos ambientes com janelas em faces opostas, foi considerado a metade da distância entre elas.

Fonte: elaborado pela autora.

4.3.4 Iluminação Artificial

A NBR 5413 (ABNT, 1992) define os níveis mínimos de iluminância a serem medidos no campo de trabalho, que se refere a um plano horizontal a 0,75 m do piso e que no restante dos ambientes o valor da iluminância não poderá ser menor que 1/10 do adotado no campo de trabalho.

A Tabela 15 mostra os níveis de iluminância requeridos para os ambientes da escola, de acordo com as normas e referenciais técnicos adotados.

Tabela 15 – Níveis mínimos de iluminância (lux) por atividade

	NBR 5413	NBR 15575	FNDE	CHPS
Sala de leitura	500	NC	500	322-485
Salas de aula	300	NC	300	322-485
Quadro negro	500	NC	NC	322-485
Pátio coberto	150	NC	150	NC
Administração	750	NC	300	538
Sala Professores	200	NC	300	322
Refeitório	150	NC	200	322
Cozinhas	200	≥200	200	538
Sanitários	150	≥100	100	107
Corredores/escadas	100	≥75	100	107
Lavanderia	200	≥100	150	322

Legenda: NE não exigido | NC não consta

Fonte: elaborada pela autora.

A utilização excessiva de lâmpadas, além do desperdício de energia, também afeta o conforto térmico, pois geram calor. Segundo Frota; Schiffer (2001) “Lâmpadas fluorescentes convertem 25% de sua potência elétrica em luz, sendo 25% dissipado, sob forma de calor radiante, para as superfícies circundantes e 50% por convecção e condução.” Além disso os reatores fornecem mais 25% da potência nominal das lâmpadas sob forma de calor. Bertolotti (2007) diz que a iluminação artificial em geral é associada ao excesso, inadequação e ao ofuscamento, o que pode prejudicar as tarefas visuais, causando distração e desconforto.

4.3.4.1 Iluminação Artificial - CHPS

O documento *Collaborative for High Performance Schools* (CHPS,2006) apresenta prescrições normativas para a iluminação interna. Os edifícios escolares podem usar o método da área total da edificação, o método de área por categoria (separando cada ambiente pelo tipo de utilização), o método adaptado (usado para ambientes com uso específico, que necessitem de um maior iluminamento), ou por modelos de computador. O método da área total da edificação limita a densidade de potência de iluminação em 12,9 W/m².

4.3.4.2 Iluminação Artificial - RTQ-C

O RTQ-C estabelece o limite de potência de iluminação interna, que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Essa avaliação pode ser realizada pelo método da área do edifício ou método das atividades do edifício, este último sendo utilizado quando o mesmo edifício possui mais de três atividades. Também deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação, de acordo com o nível de eficiência pretendido, como mostrado na Tabela 16.

Tabela 16 - Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C	Projeto Padrão Tipo-C
Divisão dos circuitos*	sim	sim	sim	sim
Contribuição da luz natural**	sim	sim		não
Desligamento automático do sistema de iluminação***	sim			não se aplica

*no mínimo um dispositivo de controle manual que permita o acionamento independente da iluminação interna do ambiente;

**ambientes com aberturas que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas às aberturas devem possuir controle para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura;

***ambientes maiores que 250 m²deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação.

Fonte: RTQ-C, adaptado pela autora.

A Tabela 17 mostra os limites máximos aceitados pelo Método de Área do RTQ-C e do CHPS.

Tabela 17 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L - W/m²) - Método de área do edifício do RTQ-C

	DPI _L W/m ² (Nível A)	DPI _L W/m ² (Nível B)	DPI _L W/m ² (Nível C)	DPI _L W/m ² (Nível D)
RTQ-C (escolas)	10,7	12,3	13,9	15,5
CHPS	12,91*			
Projeto Padrão Tipo-C	13,13**			

* valor limite

** valor calculado conforme orientações do RTQ

Fonte: Adaptado do RTQ-C, tabela 4.1 pg.43, elaborado pela autora.

O Projeto Padrão Tipo-C não possui os pré-requisitos necessários para alcançar o Nível A, bem como a densidade de potência da edificação, que

ultrapassou o limite determinado. Através das tabelas 16 e 17, podemos verificar que suas características atendem apenas ao Nível C.

Apesar de não ser comum, o projeto de iluminação artificial deveria ser pensado como complemento da luz natural e não isoladamente. O Collaborative for High Performance Schools (CHPS, 2006) recomenda que a iluminação artificial seja projetada para prover os níveis de iluminância necessários para o uso noturno, mas que os circuitos devem ser distribuídos de forma que possibilite a complementação da luz natural em dias nublados e zonas escuras.

A Figura 7 mostra o layout de luminárias do Projeto Padrão Tipo-C, que possui apenas um circuito de iluminação para cada ambiente, não sendo possível acionar as luminárias separadamente.

Figura 7 – Layout de luminárias Projeto Padrão Tipo-C



Fonte: adaptado de FNDE 2012d, elaborado pela autora.

Baseando-se no pré-requisito de contribuição da luz natural do RTQ-C, para obtenção do Nível A, onde ambientes que contêm mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s), devem possuir acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura e a recomendação do CHPS, foi elaborado um novo layout para o Projeto Padrão Tipo-C. A figura 8 mostra a sugestão de layout de luminárias separadas em circuitos diferentes dentro de um mesmo ambiente.

Figura 8 – Sugestão de layout de luminárias integrado com a iluminação natural



Fonte: adaptado de FNDE 2012d, elaborado pela autora.

5 CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES

Este trabalho, através da análise de normas brasileiras e internacionais, além de outros guias e documentos, avaliou o Projeto Padrão Tipo-C de educação infantil do FNDE, a fim de verificar em quais zonas bioclimáticas sua implantação atenderia a esses requerimentos e recomendações.

Sabemos que a arquitetura tem relação direta com o desempenho de seus usuários no desenvolvimento de suas atividades, oferecer um espaço adequado, com bons índices de iluminação, ventilação e conforto térmico é essencial, e de extrema importância quando se trata de ambientes de aprendizagem.

Para que uma edificação possua bons índices de desempenho é necessário o uso de estratégias adequadas desde a fase inicial de projeto. As quais, devem ser adotadas em função do clima, posição solar, uso, etc. Diante de tantas variáveis, um projeto padrão replicado em diferentes zonas bioclimáticas, dificilmente terá a mesma eficiência.

Como já era esperado, em um país com regiões de climas tão distintos, um projeto padrão que não permite flexibilização, não irá corresponder adequadamente a todas as variáveis de projeto. Para uma visão geral da análise do projeto Padrão Tipo-C, a Tabela 18 contém os itens avaliados e o desempenho encontrado em todas as zonas bioclimáticas.

Tabela 18 – Resumo do desempenho do Projeto Padrão Tipo-C

Ventilação Natural											
Item	NBR15220								Standard 62.1	NBP	
	Zona Bioclimática										
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Tamanho das aberturas	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A
Ventilação cruzada	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N
Conforto Térmico											
	Zona Bioclimática										
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Paredes externas											
NBR 15220	A	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N
NBR 15575	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo
RTQ-C	Nível C	Nível C	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A
Cobertura											
NBR 15220	A	A	A	A	A	A	A	N	A	N	A
NBR 15575	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Mínimo	N	N	N	N
RTQ-C	Nível C	Nível C	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A	Nível A
Sombreamento											
NBR 15220	P	P	P	N	N	N	N	N	N	N	N
Conforto Lumínico											
	FNDE	RTQ-C	CHPS	NBP							
Área piso/ área transparente da esquadria	N										
Área parede/ área transparente da esquadria										A	
Sombreamento das esquadrias										N	
Integração iluminação natural/ artificial		N									
Divisão dos circuitos		Nível C									
Densidade de potência de iluminação (DPIL- W/m ²)		Nível C	N								

Legenda: **A** (atende) – **N** (não atende) – **P** (atende parcialmente)

Fonte: Elaborada pela autora

Através da tabela percebemos que o Projeto Padrão Tipo-C não atende inteiramente às normas em nenhuma das oito zonas bioclimáticas, sendo que nas zonas 7 e 8 foi onde obteve o pior desempenho.

A especificação equivocada de elementos de vedação, pode gerar ganho/perda excessiva de calor dos ambientes, sendo necessário o uso de equipamentos de climatização para manter o conforto adequado dos usuários. A não utilização de dispositivos de sombreamento das esquadrias, além de aumentar a temperatura, pode ainda gerar zonas de ofuscamento.

Em relação às esquadrias os resultados encontrados são ainda mais preocupantes, uma vez que estas não possuem dimensões mínimas para a ventilação dos ambientes, necessárias para manter a higienização da edificação além de poder auxiliar no conforto térmico. Também não foi satisfatório o dimensionamento das esquadrias para os índices mínimos de iluminação natural.

Quanto ao projeto de iluminação artificial, foi constatado que não houve nenhum tipo de integração em relação a iluminação natural. Para otimizar o uso da luz natural, seria necessário apenas que os circuitos fossem alterados de maneira a permitir a ligação independente das luminárias, dessa forma seria possível ligar apenas as luzes em zonas sombreadas e mais distantes das janelas, diminuindo os gastos com energia. Percebemos também, que a densidade de potência de iluminação limite (W/m^2) encontrada atinge apenas o Nível C do RTQ, que apesar de não ser obrigatório para o Projeto Padrão Tipo-C, nos dá um bom parâmetro de comparação.

Através dos resultados encontrados, entende-se que seria necessária a revisão do Projeto Padrão Tipo-C, para que ele possa oferecer o conforto ambiental adequado aos usuários em todas as zonas bioclimáticas. Seja através de uma maior flexibilidade em relação aos materiais da envoltória da edificação, das esquadrias e da utilização de elementos de sombreamento ou, da adoção de um projeto padrão específico para cada região.

Sugere-se também, que pela quantidade de creches já concluídas, mais de 2.533 segundo os dados do FNDE, medições "*in loco*", nas 8 zonas bioclimáticas, trariam resultados mais precisos do desempenho e ajudariam no desenvolvimento de estratégias para a qualificação do projeto.

A continuidade de implantação do Projeto Padrão Tipo-C, sem possibilidade de adaptações, além de não oferecer um ambiente com boas condições de

aprendizagem, irá onerar os cofres públicos, uma vez que será necessário um maior gasto com energia para seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5413: *Norma brasileira para iluminação de interiores*. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____.NBR 15215-1Iluminação Natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro: ABNT,2005a.

_____.NBR 15215-2-Iluminação Natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro: ABNT,2005b.

_____.NBR-15215-3: *Iluminação natural* – parte 3: procedimentos de cálculo para a determinação para a iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c.

_____.NBR-15220-1: *Desempenho térmico de edificações* – parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005d.

_____.NBR-15220-2: *Desempenho térmico de edificações* – parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005e.

_____.NBR-15220-3: *Desempenho térmico de edificações* – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005f.

_____. NBR-15575-1: *Edificações habitacionais – desempenho – parte 1: requisitos gerais*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.

_____. NBR-15575-4: *Edificações habitacionais – desempenho – parte 4: sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

_____. NBR-15575-5: *Edificações habitacionais – desempenho – parte 5: requisitos para sistemas de coberturas*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013c.

ASA – Acoustical Society of America. ANSI/ASA S12.60/Part1: *Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools* – part 1: permanent schools. Melville, 2010.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ANSI/ASHRAE 62.1: *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta, 2004a.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ANSI/ASHRAE 55: *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta, 2004b.

AZEVEDO, G. A. N.; BASTOS, L. E. G; RHEINGANTZ, P. A.; VASCONCELLOS, V. M. R.; AQUINO, L. M. L. *Padrões de infra-estrutura para o espaço físico destinado à educação infantil*. Brasília: MEC/ SEF/ DPEF/ COEDI, 2004.

Frota, Anésia Barros; Schiffer, Sueli Ramos. *Manual do conforto térmico ed.5*. São Paulo. Studio Nobel, 2001.

BARRETO, Ângela M. R. *Situação atual da educação infantil no Brasil*. In: BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Subsídios para o credenciamento e funcionamento de instituições de educação infantil*. Brasília: MEC/ SEF/ DPEF/ COEDI, 1998. v. 2

BERTOLOTI, Dimas. *Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservação de energia*. São Paulo , 2007.

BRASIL. *LDB/ Lei de diretrizes e bases da educação nacional*. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. *PNE/ Plano nacional de educação*. Lei n. 10.172, de 9 de janeiro de 2001.

BRASIL. MEC. COEDI. *Política nacional de educação infantil*. Brasília: MEC/SEF/DPEF/COEDI, 1994a.

_____. *Educação infantil no Brasil: situação atual*. Brasília: MEC/SEF/DPEF/COEDI, 1994b.

_____. *Por uma política de formação do profissional de educação infantil*. Brasília: MEC/SEF/DPEF/COEDI, 1994c.

_____. *Critérios para um atendimento em creches que respeite os direitos fundamentais das crianças*. Brasília: MEC/SEF/DPEF/COEDI, 1995a.

_____. *Educação infantil: bibliografia anotada*. Brasília: MEC/SEF/DPEF/COEDI, 1995b.

_____. *Subsídios para credenciamento e funcionamento de instituições de educação infantil*. Brasília: MEC/SEF/ DPEF/COEDI, 1998. 2 v

CAMPOS, Maria Malta. *A regulamentação da educação infantil*. In: BRASIL. MEC. COEDI. *Subsídios para credenciamento e funcionamento de instituições de educação infantil*. Brasília: MEC/ SEF/DPEF/COEDI, 1998. v. 2, p. 35-63.

CHPS -Colaborative for High Performance Schools – *Best Practices Manual: Volume II - Design*. Sacramento, Califórnia, 2006.

DIMOUDI, A.; KOSTARELA, P. *Energy monitoring and conservation potential in school buildings in the C' climatic zone of Greece*. Renewable Energy, 2009.

FNDE - FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. *Diretrizes técnicas para apresentação de projetos e construção de estabelecimentos de ensino público: caderno de requisitos e critérios de desempenho para estabelecimentos de ensino público*. Brasília, DF, 2012a. v. 1.

_____. *Maquetes eletrônicas do projeto: fachada frontal e fachada posterior*. Brasília, DF, 2012b. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-projetos-arquiteticos-para-construcao/proinfancia-tipoc10>>. Acesso em: 17 out. 2015.

_____. *Memorial descritivo: projeto Proinfância tipo C*. Brasília, DF, [2012]c. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-projetos-arquiteticos-para-construcao/proinfancia-tipoc11>>. Acesso em: 17 out. 2015.

_____. *Projeto arquitetônico: projeto Proinfância tipo C*. Brasília, DF, [2012]d. Disponível em <<http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-projetos-arquiteticos-para-construcao/proinfancia-tipoc>>. Acesso em: 17 out. 2015.

_____. *Proinfância: apresentação*. Brasília, DF, [2015]a. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/proinfancia-apresentacao>>. Acesso em: 07 jan. 2016.

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

PAES, R. F. S.; BASTOS, L. E. G. Qualidade ambiental na edificação: o caso das escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro. *Conforto & Projeto: Edifícios*, Brasília, v.12, p. 131-140, 2013. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/12302/8588>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

PROCEL EDIFICA. *Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ)*. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf >. Acesso em 07 jan. 2016.

U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. *National best practices: manual for building high performance schools*. U.S. Department of Energy, 2007.

VIANNA, Nelson S.; GONÇALVES, Joana Carla S. *Iluminação e arquitetura*. UniABC Virtus São Paulo, 2001.

APÊNDICE A - LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro	03
Figura 2 - Cortes Esquemáticos do Projeto Padrão Tipo-C	09
Figura 3 - Planta Baixa do Projeto Padrão Tipo-C	10
Figura 4 - Fachada Frontal do Projeto Padrão Tipo-C	11
Figura 5 - Fachada Posterior do Projeto Padrão Tipo-C	11
Figura 6 - Relação profundidade x altura do vão da abertura	23
Figura 7 - Layout de luminárias Projeto Padrão Tipo-C	27
Figura 8 - Sugestão de layout de luminárias integrado com a iluminação natural ...	27

APÊNDICE B - LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Elementos analisados e as respectivas normas nacionais e internacionais analisadas	12
Tabela 2 - Requerimentos de dimensões e sombreamento de aberturas para	

ambientes de permanência prolongada	14
Tabela 3 - Tamanho das aberturas dos ambientes de permanência prolongada do Projeto Padrão Tipo-C	15
Tabela 4 - Verificação da ventilação dos ambientes de longa permanência do Projeto Padrão Tipo-C, pela NBR15.220-3	15
Tabela 5 - Diretrizes construtivas da NBR15220-3 para vedações opaca	17
Tabela 6 - Caracterização da vedações do Projeto Padrão Tipo-C	17
Tabela 7 - Verificação das vedações do Projeto Padrão Tipo-C	17
Tabela 8 - Diretrizes de desempenho de paredes e cobertura da NBR 15575	18
Tabela 9 - Verificações de desempenho de paredes e cobertura do Projeto Padrão tipo-C pela NBR 15575 (ABNT 2013b e 2013c)	18
Tabela 10 - Classificação de paredes e cobertura do RTQ-C	19
Tabela 11 - Verificação do desempenho de paredes e cobertura do Projeto Padrão Tipo-C pelo RTQ-C	20
Tabela 12 - Níveis mínimos de iluminamento natural (área do piso/área transparente da esquadria)	21
Tabela 13 - Níveis de iluminamento natural (área de parede/área transparente da esquadria)	22
Tabela 14 - Relação profundidade x altura do vão da abertura do Projeto Padrão Tipo-C	24
Tabela 15 - Níveis mínimos de iluminância (lux) por atividade	24
Tabela 16 - Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência	25
Tabela 17 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI _L - W/m ²) - Método de área do edifício	26
Tabela 18 - Resumo do desempenho do Projeto Padrão Tipo-C	28

APÊNDICE C - LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

CHPS – Collaborative for High Performance Schools

DPI – Densidade de Potência de Iluminação (DPI_L- W/m²)

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

NBR – Norma Brasileira

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento e Educação

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

NBP – National Best Practices: manual for building high performance schools

PBE Edifica – Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações

PDE - Plano de Desenvolvimento da Educação

PNE – Plano Nacional de Educação

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços Públicos