

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**A ESCOLA TÉCNICA DO PROGRAMA BRASIL PROFISSIONALIZADO:
UM PROJETO PADRÃO PARA DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS?**

Melyna de Almeida Lamenha

**MACEIÓ
2016**

MELYNA DE ALMEIDA LAMENHA

**A ESCOLA TÉCNICA DO PROGRAMA BRASIL PROFISSIONALIZADO:
UM PROJETO PADRÃO PARA DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS?**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo S. Bittencourt

Coorientador: Juliana Oliveira Batista

MACEIÓ

2016

Catlogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Janaina Xisto

L228e Lamenha, Melyna de Almeida.
A escola técnica do programa Brasil profissionalizado: um projeto padrão para diferente zonas bioclimáticas? / Melyna de Almeida Lamenha. – 2016. 138 f.: il.

Orientador: Leonardo Salazar Bittencourt.
Coorientadora: Juliana Oliveira Batista.
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2016.

Bibliografia: f. 92-98.
Apêndice: f. 99-137.
Anexos: f. 138.

1. Projeto padrão. 2. Insolação. 3. Ventilação natural. 4. Simulação computacional. I. Título.

CDU: 72.011.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Melyna de Almeida Lamenha

A ESCOLA TÉCNICA DO PROGRAMA BRASIL PROFISSIONALIZADO:
UM PROJETO PADRÃO PARA DIFERENTES ZONAS BIOCLIMÁTICAS?

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovação em: 15 / 02 / 2016

BANCA EXAMINADORA



Presidente e orientador: Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL



Coorientador: Prof. Dr^a. Juliana Oliveira Batista
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL



Prof. Dr. Ruskin Marinho Freitas
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFPE



Prof. Dr. Dilson Batista Ferreira
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL



Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL

Com amor, aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pelos planos que fez para mim.

À minha família e amigos, pela compreensão e apoio em todas as horas.

Ao professor Leonardo Bittencourt, Léo, meu orientador e amigo, que como um pai acompanhou o meu desenvolvimento desde a graduação em Arquitetura e Urbanismo, dando os primeiros passos no Grupo de Estudos em Conforto Ambiental – GECA e hoje caminhando no mestrado, por todo o conhecimento compartilhado e pelo incentivo a persistir em meio às dificuldades encontradas.

À professora Juliana Batista, Ju, coorientadora e amiga, pela dedicação ao lecionar a qual sempre foi inspiração e exemplo pra mim, por acreditar no meu potencial e pelo companheirismo.

Aos professores do Mestrado em Arquitetura, Dinâmicas do Espaço Habitado – DEHA, especialmente Gianna Barbirato, Gigi, que também esteve presente, contribuindo para o meu crescimento como estudante.

Aos professores e amigos do GECA e do Laboratório de Conforto Ambiental – LabConf da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, além dos que já foram citados, agradeço especialmente aos companheiros de trabalho.

À UFAL pela estrutura e equipamento disponibilizados, à CAPES pela bolsa de estudo e à ELETROBRÁS pelo financiamento das pesquisas.

“O que adquire entendimento ama a sua alma; o que cultiva a inteligência achará o bem.”

Salomão

RESUMO

A concepção de projetos arquitetônicos torna-se um desafio diante das variáveis climáticas encontradas. Dentre essas estão as que atuam diretamente no conforto térmico dos usuários: a temperatura, umidade e velocidade do ar, e a radiação solar. Sabendo que cada lugar apresenta diferentes condições climáticas e que a arquitetura deve ser projetada de acordo com o clima, o uso de projetos padrão parece uma escolha inadequada para as regiões com climas diferentes, como no caso do Brasil. A incidência direta de raios solares, por meio das janelas, pode causar desconforto visual resultante do ofuscamento, ou desconforto térmico nos climas quentes. Por outro lado, aberturas excessivamente sombreadas podem gerar a necessidade do consumo de energia elétrica com iluminação artificial. Especialmente em escolas, o desconforto visual ou térmico nas salas de aula pode interferir no aprendizado e no desempenho das atividades escolares de alunos e professores. O Projeto Padrão de Escola Técnica do MEC – PPET-MEC é parte do Programa Brasil Profissionalizado e foi desenvolvido para ser implantado em todo o território brasileiro. Este trabalho avalia o desempenho quanto à insolação e à ventilação natural do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC, onde se concentra a maior parte dos ambientes de permanência prolongada, as salas de aula. O método adotado baseia-se em análises paramétricas do sombreamento e da ventilação natural no PPET-MEC. Para a análise da insolação foram consideradas seis localidades distintas do Brasil, e oito orientações relativas à insolação. Para a análise da ventilação natural foram simulados oito modelos tridimensionais, cada um sob uma incidência de vento diferente. Os resultados da análise de insolação mostraram que as proteções solares analisadas são 15% adequadas, 9% excessivas e 76% insuficientes. Os resultados da análise de ventilação natural mostraram que das oito incidências de vento simuladas, duas incidindo a 45° apresentaram maior diferença de pressão entre as fachadas opostas do bloco pedagógico/administrativo nas quais está localizada a maior parte das aberturas, o que representa maior potencial para a movimentação do ar no interior das salas de aula. Observou-se que o PPET-MEC requer adaptações para ser implantado. O simples ajuste no ângulo de proteção solar dos *brises*, e a escolha das orientações mais adequadas em relação à insolação e aos ventos dominantes, pode melhorar o desempenho térmico do projeto. Por fim foi elaborado um quadro de recomendações para a implantação do projeto quanto à insolação e à ventilação natural.

Palavras-chave: Projeto Padrão, Insolação, Ventilação Natural, Simulação Computacional.

ABSTRACT

The architectural design becomes a challenge when considering the climate variables. Some of them act directly on users thermal comfort, such as temperature, humidity wind speed and solar radiation. Knowing that different regions may have different climatic conditions and that architecture should be designed according to the climate characteristics, the use of a standard architectural design for the whole country seems an inappropriate choice, particularly in the Brazilian context. The direct incidence of sunlight through windows can cause visual discomfort resulting from blurring, and/or thermal discomfort in warm climates. On the other hand, excessively shaded openings may produce dark spaces, increasing electricity consumption for lighting. Especially in classrooms, visual and/or thermal discomfort may interfere in the learning process and affecting students performance. The Standard Design of the Technical School of MEC - SDTS-MEC is part of Brazil professionalization program and is designed to be deployed throughout the Brazilian territory. This paper evaluates the shading and natural ventilation performance of the teaching/administrative block of SDTS-MEC building, which concentrates the most occupied environments, the classrooms. A characterization the object of study and parametric analysis of shading and natural ventilation were carried on. For the shading analysis, six different locations and eight guidelines were considered. For the analysis of natural ventilation, eight models were considered, each under a different wind incidence. The analysis of the shading devices showed that 15% are appropriate, 9% excessive and 76% insufficient. The results of natural ventilation analysis showed that among eight simulated wind incidences, two of them (with 45° incidence) displayed a higher pressure differential between opposite facades of the teaching/administrative block. These facades contain most apertures, representing greater potential for air movement inside the classrooms. It was observed that the PET-MEC requires adjustments to be deployed. The adjustment simple in sun protection angle of the brises, and the choice of the most appropriate guidance in relation to solar radiation and prevailing winds, can improve the thermal performance of the project. Finally, a framework containing a set of recommendations for the implantation of the project considering the sunlight and natural ventilation performance were presented.

Key-words: Standard Design, Heat Stroke, Natural Ventilation, Computational Simulation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 Estrutura do trabalho.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL	15
2.1 Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética	15
2.1.1 Arquitetura e clima	15
2.1.2 Características climáticas do Brasil.....	20
2.1.3 Desempenho térmico de edificações.....	23
2.1.3.1 Sombreamento	27
2.1.3.2 Ventilação Natural.....	30
2.1.3.3 Propriedades térmicas da envoltória.....	34
2.1.4 Conforto térmico e eficiência energética em edificações	36
2.1.5 Projetos padrão e Eficiência energética	40
3 MÉTODO	45
3.1 Caracterização do objeto de estudo	45
3.1.1 Características do PPET-MEC	45
3.2 Análises paramétricas do sombreamento e da ventilação natural no PPET-MEC ..	53
3.2.1 Análise da insolação	53
3.2.2 Análise da ventilação natural: Simulações computacionais.....	63
3.2.2.1 Parâmetros de simulação do programa PHOENICS.....	64
4 RESULTADOS	68
4.1 Avaliação das condições de insolação	68
4.2 Exposição à ventilação natural	78
4.3 Recomendações.....	83
5 CONCLUSÕES	88

REFERÊNCIAS	90
APÊNDICE	97
ANEXO.....	136

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade pode ser definida como a capacidade de interagir com o mundo, sem comprometer a vida das gerações futuras, integrando as questões sociais, ambientais, energéticas e econômicas. Isso não é um patamar a ser alcançado, mas um caminho a ser seguido (GOULART, 2008).

Como bem recomenda Goulart (2008, p. 3), “um projeto sustentável deve ser ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável, envolvendo com isto muitas variáveis, entre as quais o uso racional da energia se destaca como uma das principais premissas”.

A eficiência energética contribui para a sustentabilidade pela preservação de fontes de energia não renováveis, por exemplo. O uso eficiente de energia elétrica é um dos fatores que compõem grande parte dos indicadores de sustentabilidade, nas dimensões econômica, social, de recursos e meio ambiente (MENKES, 2004).

De acordo com Kwok e Grondzik (2013), “não existe hoje uma maneira de demonstrar facilmente que uma edificação é sustentável. No entanto, é muito fácil afirmar isso”. Distante da intenção de discutir as possíveis definições do que é sustentabilidade, destaca-se a necessidade de os projetistas produzirem edificações de alto desempenho, visando a eficiência energética dos edifícios e a redução de desperdícios.

No Brasil, o governo tem motivado a conservação de energia elétrica por meio do uso de estratégias projetuais, que melhorem os níveis de eficiência energética das edificações.

Os Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2010) e de Edifícios Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2012) foram desenvolvidos em resposta ao consumo excessivo de energia elétrica no País.

Os regulamentos, ou critérios de certificação “devem ser utilizados como referências auxiliares, mas não determinantes na escolha de materiais e sistemas construtivos”. A proposta de cada projeto deve ser fruto de escolhas específicas, únicas e originais (GOULART, 2008, p. 2).

A arquitetura que considera as especificidades locais para promover a eficiência energética nos edifícios e suprir as necessidades básicas de conforto de seus usuários chama-se bioclimática.

Os projetistas não podem controlar os fatores climáticos, mas podem considerar as características climáticas do lugar e incorporar em seus projetos as estratégias bioclimáticas, que irão definir o desempenho do edifício em relação ao meio externo.

O conjunto de condicionantes externos ao edifício configura um bioclima que deve ser levado em consideração no desenho arquitetônico e urbano para melhorar a qualidade do *habitat*, antes de recorrer a inovações tecnológicas (CUNHA, 2004).

Em regiões de clima quente, por exemplo, recomenda-se o sombreamento das fachadas para evitar a radiação solar direta e o uso da ventilação para o resfriamento fisiológico dos usuários e do edifício. Já no clima frio, é necessário evitar o vento e captar o calor solar disponível para aquecer os ambientes internos. Para os dois casos recomenda-se uma envoltória¹ composta de materiais adequados quanto às relações de troca de calor entre o meio externo e o interno.

Assim, os condicionantes climáticos interferem diretamente na configuração arquitetônica, no conforto² e desempenho térmico e no desempenho energético das edificações.

Um desempenho térmico satisfatório da arquitetura, com a utilização apenas de recursos naturais, pode não ser possível em condições climáticas muito rígidas. Mesmo nesses casos devem-se procurar propostas que maximizem o desempenho térmico natural, pois, assim, pode-se reduzir a potência necessária dos equipamentos de refrigeração ou aquecimento, visto que a quantidade de calor a ser retirada ou fornecida ao ambiente resultará menor (FROTA; SCHIFFER, 2003, p.66).

É extremamente importante que as edificações sejam elaboradas e adaptadas às necessidades climáticas locais, mas atualmente os “novos edifícios são vistos como pouco mais que meros produtos [...]. A busca do lucro determina suas formas, qualidades e desempenhos” (ROGERS, 2005, p.67).

Como alternativa para a redução de custos e tempo de construção dos edifícios, os projetos padrão³ parecem uma opção adequada. Além disso, a adoção de projetos padrão representa uma garantia adequada de funcionalidade.

¹ Segundo o RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (BRASIL, 2010), a envoltória é formada pelos planos que separam o ambiente interno do ambiente externo.

² “Uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico” (FANGER, 1972).

A padronização pode apresentar algumas vantagens, como por exemplo, a rapidez no processo público de licitação. A partir do projeto executivo, ajusta-se a implantação da edificação ao terreno. Porém, se a orientação do edifício não considerar as características climáticas regionais é possível que a qualidade da edificação escolar seja afetada (GODOI, 2010).

Considerando a variedade de climas existentes no Brasil, parece discutível a implantação de um único projeto em todo o território brasileiro, que não considere as especificidades de cada região.

Grabowski (2013, p.1) expressou a sua opinião contrária à implantação de projetos padrão de escolas no Brasil:

Sou contra modelos arquitetônicos de escolas, sejam quais forem (infantil, técnica, ou de ensino médio). Nosso território é muito grande, com clima variável, de modo que as especificidades locais e regionais precisam ser contempladas e respeitadas de maneira exclusiva por um projeto de arquitetura.

Kowaltowski (2002) afirma, com base em suas pesquisas, que a implantação de edificações escolares padronizadas não segue um planejamento adequado na orientação dos ambientes e suas aberturas. A adoção desse tipo de projeto tem resultado em problemas de conforto ambiental (KOWALTOWSKI, 2002).

Em 2009, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, disponibilizou, para implantação em todo o território brasileiro, o Projeto Padrão de Escola Técnica do MEC – PPET-MEC, visando à celebração de convênios de infraestrutura por meio do Programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2011).

O PPET-MEC encontrava-se em nível básico de detalhamento, e durante a execução das obras conveniadas foi detectada a necessidade de modificações técnicas e de benfeitorias para o melhor funcionamento da edificação escolar (MEC, 2011).

Com base nas modificações, a equipe técnica da DAPE/SETEC/MEC, em parceria com o Departamento de Arquitetura e Engenharia do Estado do Ceará - DAE/CE, desenvolveu o projeto de arquitetura executivo, o caderno de especificações técnicas e projetos complementares de engenharia do PPET-MEC.

³ O projeto arquitetônico padrão incorpora o conceito da repetição de um modelo e a racionalização dos recursos para a sua viabilização (BARROS, 2002).

O projeto atualizado foi disponibilizado em fevereiro de 2011 no sítio do MEC, tendo sido adotado por algumas Unidades da Federação (MEC, 2011).

A escola técnica padrão do Programa Brasil Profissionalizado, MEC (2011) tem capacidade para 1.200 alunos. O bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC, com cerca de 2.300 m², contém a maior área de permanência prolongada do projeto e inclui 12 salas de aula distribuídas em dois pavimentos.

Dentre os diversos aspectos relacionados à ausência de conforto ambiental, o desconforto térmico pode influenciar negativamente no desempenho das atividades dos usuários, causando estresse térmico, desconcentração, cansaço físico precoce, entre outros problemas, além do desperdício de energia com a utilização de equipamentos elétricos para o aquecimento ou resfriamento dos ambientes.

Especialmente em escolas, o desconforto térmico produz impactos negativos do ponto de vista do ensino-aprendizagem, comprometendo a saúde física e psicológica de professores e alunos. Além disso, o desconforto térmico produz um excessivo consumo de energia elétrica para climatização artificial, o que absorve uma parcela importante dos custos de manutenção dos edifícios.

Com base no que foi exposto e na possibilidade do desperdício de energia elétrica, levanta-se a dúvida sobre a viabilidade de uma proposta de escola padrão, generalizada para todo o território brasileiro.

A adoção de projetos padrão escolares, pode resultar em edificações inadequadas ao clima local; com impactos na aprendizagem dos estudantes, bem como nos custos de manutenção dessas edificações.

No caso do PPET-MEC, o bloco pedagógico/administrativo contém a maior parte dos ambientes onde os impactos relativos ao clima são mais fortemente sentidos. Este trabalho visa a examinar a adequação ou inadequação do PPET-MEC em diferentes condições climáticas existentes no Brasil.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o desempenho quanto à insolação e à ventilação natural em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras do

bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC, do Programa Brasil Profissionalizado.

1.1.2 Objetivos específicos

- Investigar o impacto da insolação no bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC, sob diferentes implantações e em localidades distintas;
- Investigar o impacto de diferentes incidências de vento na ventilação natural do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está composto por cinco seções. A primeira é uma introdução, que inclui uma breve apresentação da dissertação, com as razões de sua elaboração, os objetivos pretendidos e a descrição da estrutura do trabalho.

A segunda seção compreende a revisão documental e forma um embasamento teórico, abordando a relação da arquitetura com o conforto ambiental e a eficiência energética e está dividida em quatro partes: Arquitetura e clima; Características climáticas do Brasil; Desempenho térmico de edificações; Conforto térmico e eficiência energética em edificações, e Projetos padrão e Eficiência energética.

Na terceira seção expõe-se, em duas partes, a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos. As duas partes da metodologia são: caracterização do objeto de estudo e análises paramétricas do sombreamento e da ventilação natural do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC.

Na quarta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio das análises paramétricas de insolação e ventilação natural, com foco nas recomendações de projeto.

Por fim, a quinta seção traz as conclusões sobre os resultados alcançados e as possíveis contribuições e sugestões para estudos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DOCUMENTAL

Este capítulo está dividido em cinco partes e aborda os temas: Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética. As cinco partes do capítulo são: Arquitetura e clima; Características climáticas do Brasil; Desempenho térmico de edificações; Conforto térmico e eficiência energética em edificações, e Projetos padrão e Eficiência energética apresentando quatro projetos padrão de escola e a importância de tipologias arquitetônicas adequadas às diversas regiões bioclimáticas brasileiras, especialmente de edificações escolares.

2.1 Arquitetura, Conforto Ambiental e Eficiência Energética

Ao longo da história o homem aperfeiçoa a maneira de construir edifícios, repetindo as técnicas bem sucedidas e criando novas tecnologias a partir dos recursos disponíveis. Em busca de abrigo e conforto, tomando os recursos locais, desenvolveu sua arquitetura com características próprias, mostrando sua capacidade de criar e adaptando-se às características dos variados climas existentes na terra.

A variedade de tipologias arquitetônicas reflete a criatividade humana de se adaptar aos diversos climas existentes, “porque se a arquitetura é clima, também é verdade que são muitos os climas que nela intervêm” (SERRA, 1999, p. 7).

2.1.1 Arquitetura e clima

Com base nos condicionantes climáticos o homem é motivado a pôr em prática a sua criatividade, na busca de soluções arquitetônicas que lhe proporcionem conforto.

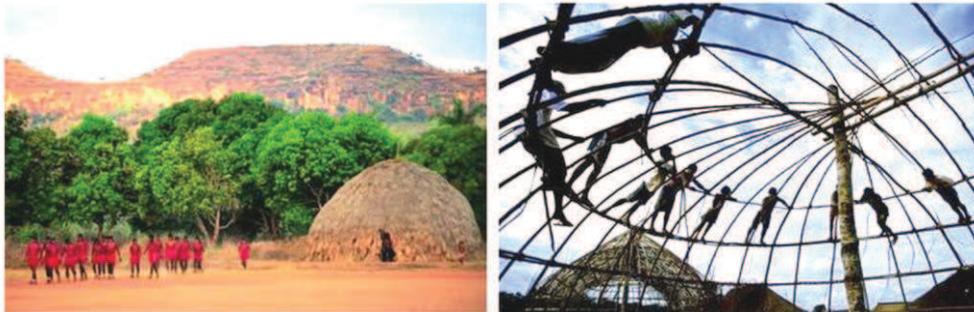
À vida humana se impõem as condições de temperatura do ar e da superfície da Terra, radiação, velocidade dos ventos e umidade do ar, e sua variação no dia e no ano. Às condições instantâneas denominamos tempo; à generalização de suas variações chamamos clima (TREWARTHA apud SCHIMID, 2005, p.224).

Chama-se arquitetura vernácula aquela caracterizada como “a expressão fundamental da cultura de uma comunidade, a forma tradicional e natural pela qual as comunidades habitavam”, resultantes de um “processo contínuo que inclui as necessárias modificações e adaptações contínuas como resposta às restrições

sociais e ambientais” (ICOMOS, 1999, p. 1). “Esse tipo de construção caracteriza-se por ser um produto imediato da relação do homem com o meio natural envolvente, na necessidade básica de um abrigo para o primeiro e na procura de harmonia com o segundo” (IISBE, 2011, p. 212).

Os projetistas deveriam encontrar inspiração para criar edifícios na arquitetura vernácula, no sentido de incorporar as características culturais e ambientais próprias de cada região. As figuras 1 e 2 mostram exemplos de construções vernáculas, adaptadas às suas regiões climáticas, que utilizam tecnologias construtivas simples. Consta-se que, a cada tipo de clima corresponde uma arquitetura que se adequa melhor a ele.

Figura 1 – Oca indígena brasileira, estrutura de madeira com vedação em palha.



Fonte: FERREIRA, 2011.

Figura 2 – Tenda indígena norte americana, vedação em couro de animais.



Fonte: FERREIRA, 2011.

Ao longo dos anos, a arquitetura tem acumulado um vasto potencial tecnológico, que não deve ser ignorado. É preciso dar continuidade à História, unindo a forma antiga e vernácula de construir ao novo, “integrar a tradição com a modernidade, estabelecendo-se assim um sistema híbrido, que permita explorar novos conceitos estéticos e funcionais” (ABALOS apud IISBE, 2011, p. 213).

A arquitetura em si mesma deve conter os aspectos da História, da cultura e do lugar. O lugar, assim como as edificações nele construídas, estão sujeitos aos fatores climáticos (CUNHA, 2004):

- Radiação solar: intensidade e duração; ciclo diário e sazonal;
- Temperaturas: extremas e médias;
- Umidades relativas do ar: extremas e médias;
- Orientações: solar e relativa aos ventos dominantes;
- Ventos e brisas: velocidade, duração e frequência;
- Precipitações: chuvas e granizo;
- Iluminância natural: céu claro, parcialmente nublado, encoberto, ciclo diário e sazonal.

Recomenda-se a consideração dos fatores climáticos na concepção dos edifícios, para promover o conforto térmico.

O conforto térmico é definido como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o meio ambiente térmico que o circunda (LABEEE, 2011). Para Fanger (1972) o conforto é “o estado térmico para determinado ambiente, com relação às suas variáveis físicas, quando um menor número de pessoas esteja insatisfeito com o mesmo”. A norma internacional ISO 7730 (2005) define o conforto como “estado que expressa satisfação com o ambiente térmico” e a norma brasileira NBR 15220-3 (2005) define-o como “a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”.

De maneira geral, a sensação de desconforto depende do esforço que o corpo humano faz para manter a temperatura interna equilibrada. Quanto maior o esforço do sistema termorregulador, maior será a sensação de desconforto (HERTZ, 1998).

As variáveis que influenciam no conforto térmico são ambientais e humanas. De acordo com Givoni (1992), as variáveis ambientais são:

- Temperatura do ar;
- Velocidade do ar;
- Umidade relativa do ar e
- Radiação solar.

As variáveis humanas são:

- Metabolismo gerado pela atividade física;
- Resistência térmica oferecida pela vestimenta.

Além destas variáveis como sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura, entre outras, devem ser consideradas, pois também exercem influência na sensação de conforto de cada pessoa (FROTA; SCHIFFER, 2007).

Para estudar o efeito conjunto das variáveis do conforto térmico, pesquisadores desenvolveram diversos índices de conforto térmico (FROTA; SCHIFFER, 2007). Os índices podem ser divididos em dois grandes grupos: os que se baseiam no balanço de calor (o voto médio predito é o mais conhecido deles) e os de abordagem adaptativa (LABEEE, 2011).

Ao se considerar como relevantes os fatores climáticos, na concepção dos edifícios, visando à obtenção do conforto térmico dos usuários e do baixo consumo de energia pelas edificações, põe-se em prática a chamada arquitetura bioclimática.

A arquitetura bioclimática não deve ser entendida como um tipo de arquitetura, mas como uma prática, que deve ser considerada em todo projeto arquitetônico. A arquitetura é o que une as necessidades humanas às condicionantes do clima no qual a edificação é erguida (VIGGIANO, 2001).

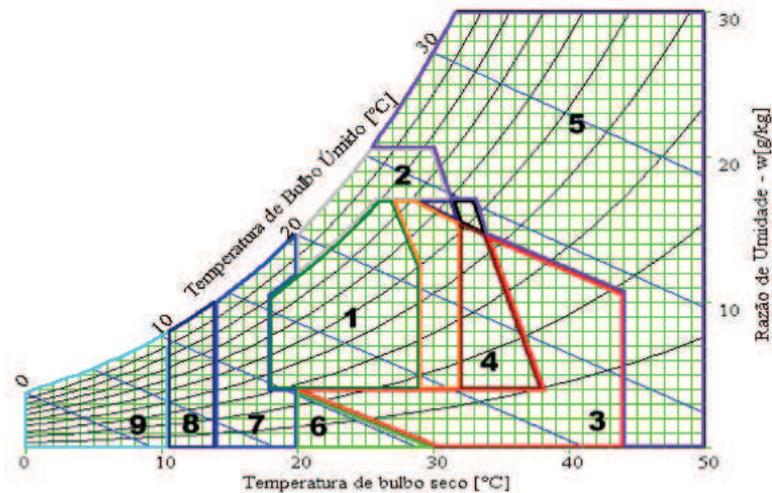
Na busca pelo conforto térmico do homem, é recorrente o estudo das estratégias bioclimáticas na arquitetura. Os irmãos Olgyay (OLGYAY, 1963), propuseram um procedimento sistemático, uma carta bioclimática baseada em efeitos do clima sobre o homem, para adaptar o projeto de uma edificação às condições climáticas.

Posteriormente, Givoni (1992) propôs uma carta bioclimática em que os limites máximos de conforto são expandidos, considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente. A carta bioclimática associa informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas para cada período do ano. Essas estratégias podem ser naturais, com o uso de sistemas passivos, ou artificiais, por meio de sistemas ativos.

A carta bioclimática de Givoni, figuras 3 e 4, relaciona temperatura e umidade do ar sobre um diagrama psicrométrico, e apresenta nove zonas

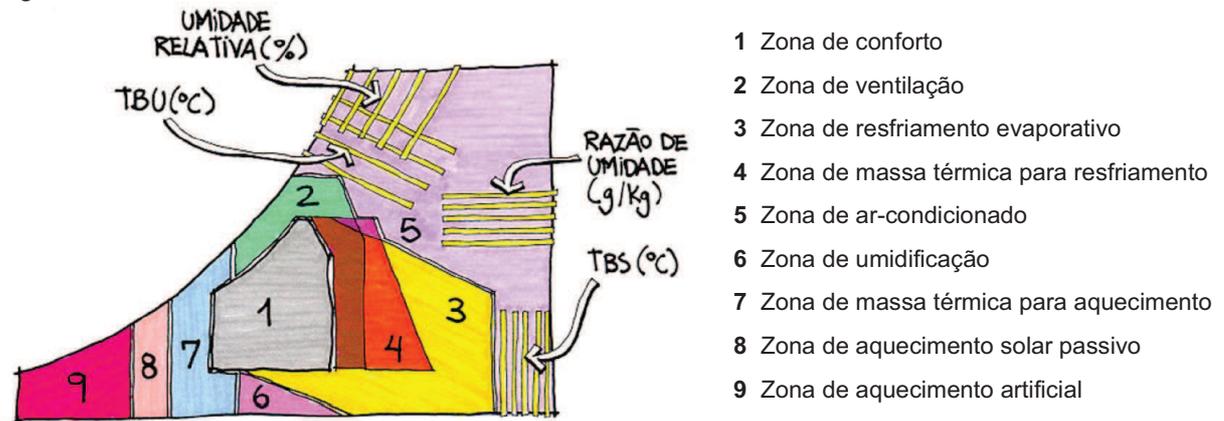
correspondentes às áreas onde cada uma das diversas estratégias bioclimáticas podem interferir no conforto térmico. Ao plotar as variáveis referentes à temperatura e umidade do ar sobre a carta, os projetistas podem identificar as estratégias bioclimáticas mais adequadas para o clima da região, onde os edifícios serão implantados (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013).

Figura 3 – Carta bioclimática de Givoni.



Fonte: GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998.

Figura 4 – Carta bioclimática de Givoni, com detalhamento das zonas.



Fonte: LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014.

Para climas frios, materiais com a capacidade de armazenar o calor, proveniente da radiação solar, diminuem a necessidade do consumo de energia elétrica para aquecer os ambientes.

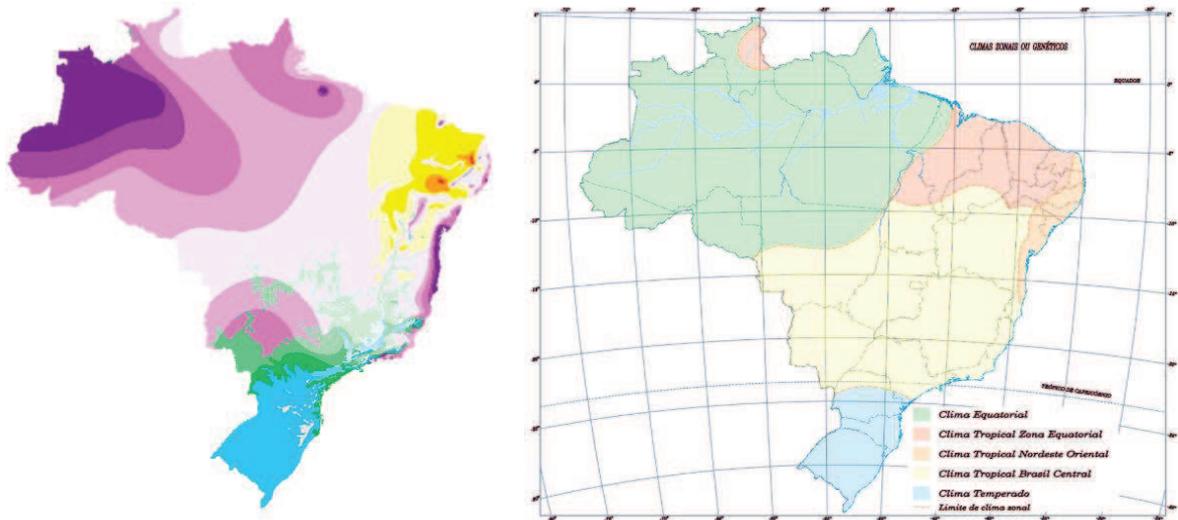
Em climas quentes, os materiais da envolvente devem reduzir o ganho de calor pelo edifício, minimizando os ganhos solares e obstruindo a entrada de radiação solar através das janelas.

O aproveitamento de recursos naturais e a escolha adequada dos materiais que compõem os edifícios criam condições favoráveis, para a obtenção de conforto térmico e a eficiência energética dessas edificações, com baixo custo de manutenção e baixo impacto ambiental. A adoção de estratégias bioclimáticas adequadas contribui para um desempenho térmico das edificações apropriado.

2.1.2 Características climáticas do Brasil

Por meio dos mapas de climas e de climas zonais brasileiros (figura 5) é possível observar a diversidade climática existente no Brasil. Cada clima possui sub-classificações, de acordo com a temperatura média anual e as classificações de umidade. Em função dos climas zonais (Equatorial, Tropical Zona Equatorial, Tropical Nordeste Oriental, Tropical Brasil Central e Temperado), das temperaturas médias e das classificações de umidade (super-úmido, úmido, semi-úmido e semi-árido) observa-se 51 variações do tipo de clima no Brasil (quadro 1).

Figura 5 – Mapas de climas do Brasil e de climas zonais brasileiros.



Fonte: IBGE, 2002.

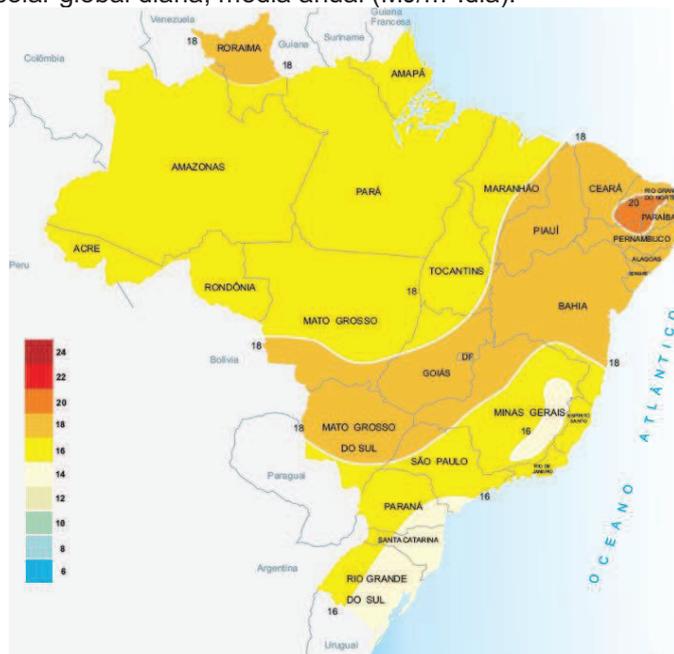
Quadro 1 – Climas do Brasil.

Temperatura	Umidade/ precipitação	Equatorial	Tropical Zona Equatorial	Tropical Nordeste Oriental	Tropical Brasil Central	Temperado	Período de seca
QUENTE (média > 18°C em todos os meses)	Super úmido						sem seca
							subseca
	Úmido						1 a 2 meses secos
							3 meses secos
	Semi-úmido						4 a 5 meses secos
	Semi-árido						6 meses secos
							7 a 8 meses secos
							9 a 10 meses secos
						11 meses secos	
SUBQUENTE (média entre 15° e 18°C em pelo menos 1 mês)	Super úmido						sem seca
							subseca
	Úmido						1 a 2 meses secos
							3 meses secos
	Semi-úmido						4 a 5 meses secos
	Semi-árido						6 meses secos
MESOTÉRMICO BRANDO (média entre 10° e 15°C)	Super úmido						sem seca
							subseca
	Úmido						1 a 2 meses secos
							3 meses secos
	Semi-úmido						4 a 5 meses secos
MESOTÉRMICO MEDIANO (média > 10°C)	Super úmido						sem seca
							subseca
	Úmido						1 a 2 meses secos

Fonte: A autora, 2016 - Adaptado de IBGE, 2002.

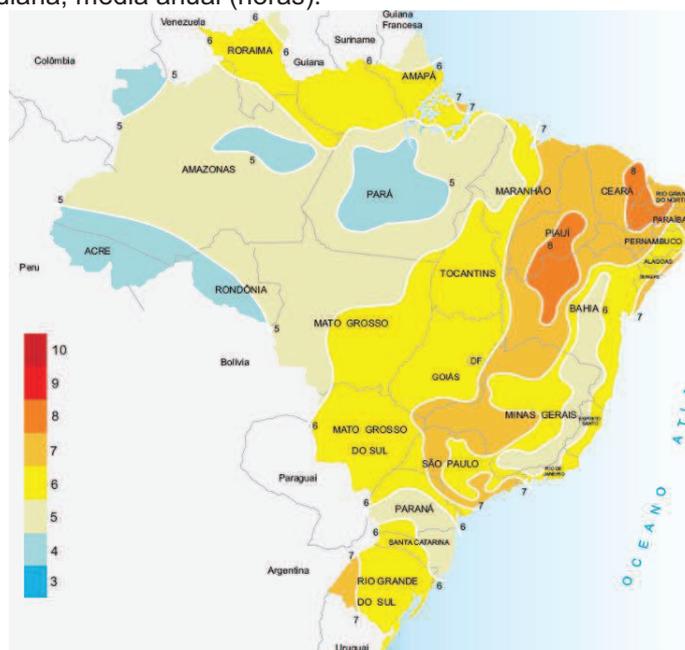
Além das diferenças de temperatura e umidade, as variações no padrão de insolação, que dependem da latitude dos locais, onde será implantado o PPET-MEC, e os diversos valores de velocidade e direção dos ventos incidentes sobre o território brasileiro, mostram o quanto as condições climáticas variam no Brasil, dependendo do local. As figuras 6 e 7 apresentam, respectivamente, as médias anuais de radiação solar global diária e insolação diária.

Figura 6 – Radiação solar global diária, média anual ($\text{MJ}/\text{m}^2.\text{dia}$).



Fonte: TIBA, 2000.

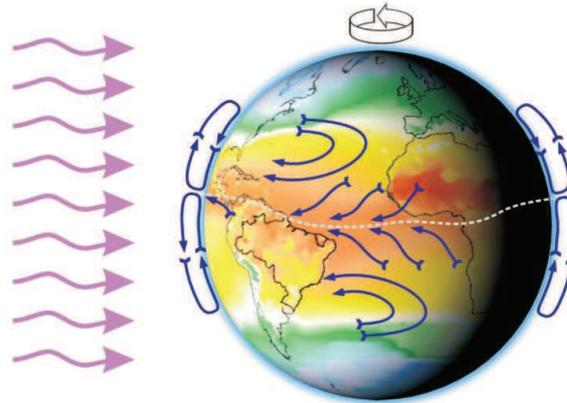
Figura 7 – Insolação diária, média anual (horas).



Fonte: TIBA, 2000.

Quanto ao regime de ventos sobre o Brasil, observa-se na figura 8 a distribuição geral dos ventos, controlada pela rotação da Terra. Nesse perfil de circulação atmosférica, existem variações significativas na mesoescala e microescala, resultantes das diferenças entre propriedades de superfícies, como geometria e altitude de terreno, vegetação e distribuição de superfícies de terra e água.

Figura 8 – Distribuição geral dos ventos.

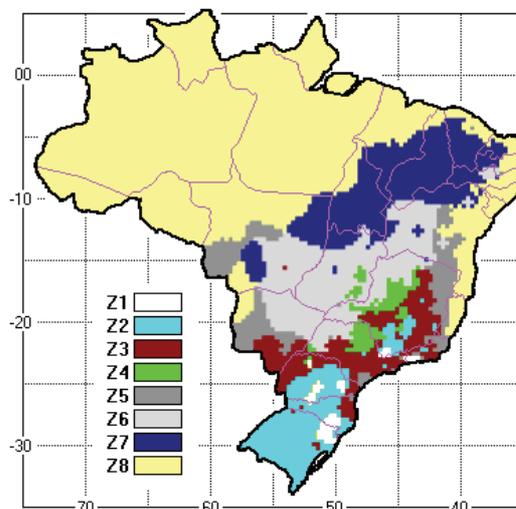


Fonte: BRASIL, 2001.

2.1.3 Desempenho térmico de edificações

A NBR 15220 (ABNT, 2005) apresenta na parte 3 o Zoneamento bioclimático brasileiro, e diretrizes construtivas, para habitações unifamiliares de interesse social. A figura 9 mostra o mapa do zoneamento bioclimático brasileiro com as suas oito zonas bioclimáticas delimitadas.

Figura 9 – Mapa do zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: ABNT, 2005; RORIZ, 2004.

Para cada zona bioclimática, a norma apresenta uma carta bioclimática com as normais climatológicas das cidades, pertencentes à zona e suas diretrizes construtivas, indicando o tamanho de aberturas para ventilação, a necessidade de sombreamento das aberturas, tipos de vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo.

Essa norma tem exercido um papel importante na melhoria do desempenho térmico das edificações brasileiras. Porém, “Desde que a NBR 15220 (ABNT, 2005) entrou em vigência, inúmeras críticas ao zoneamento vêm sendo apresentadas [...] e grande parte dessas críticas é plenamente justificada e se refere à imprecisão na caracterização climática de cidades brasileiras” (RORIZ, 2012, p. 1).

O zoneamento foi proposto especificamente para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, mas, por ser o único disponível nas normas técnicas brasileiras, tem sido aplicado indistintamente para qualquer tipo de edificação, provocando análises equivocadas sobre a adequação climática destas edificações. Apesar desse fato, aquele zoneamento é adotado mesmo por algumas normas posteriores à NBR 15220 (ABNT, 2005) e referentes a outras tipologias construtivas, como, por exemplo, a NBR 15575 (ABNT, 2008) do Desempenho Térmico de Edificações de até 5 Pavimentos e os Regulamentos Técnicos sobre Eficiência Energética, RTQ-C e RTQ-R (BRASIL, 2010, 2012) (RORIZ, 2012, p.1).

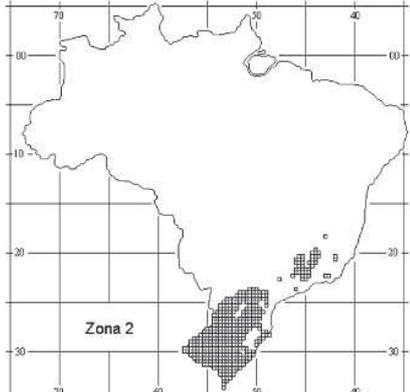
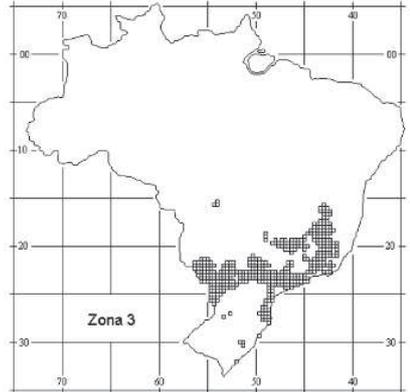
As publicações dos Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2010) e de Edifícios Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2012), têm incentivado a consideração dos condicionantes climáticos locais e a adoção de estratégias bioclimáticas adequadas por parte dos projetistas, visando uma maior eficiência energética dos edifícios e a racionalização do uso de energia elétrica.

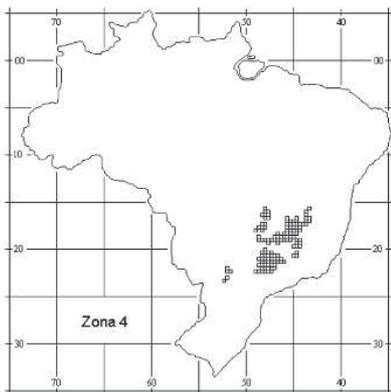
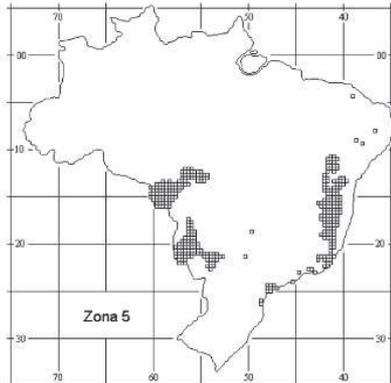
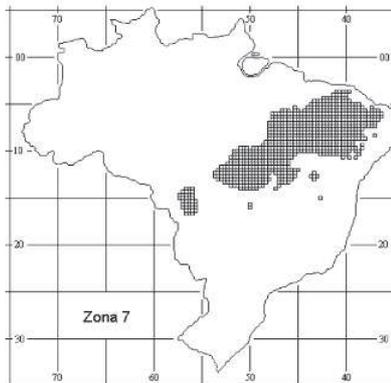
Duas considerações fundamentais em relação ao sítio são “a localização do edifício para promover orientação solar favorável [...] e a orientação do edifício em função dos ventos dominantes” (MASCARÓ, 1991, p. 27).

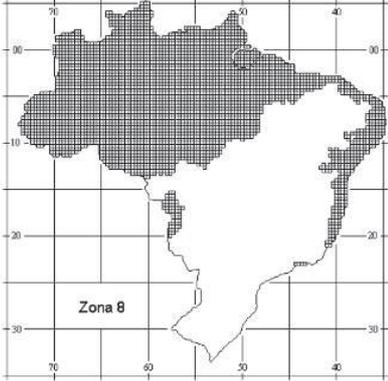
Os itens a seguir apresentam as duas estratégias bioclimáticas mais recomendadas para o Brasil, conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005). O sombreamento das aberturas, que é recomendado para as oito zonas bioclimáticas existentes, e a ventilação natural, que é recomendada para sete zonas. O quadro 2

mostra as zonas bioclimáticas com recomendação para o sombreamento e/ou ventilação natural.

Quadro 2 – Zonas bioclimáticas com recomendação para sombreamento e/ou ventilação natural.

Zona Bioclimática	Mapa	Sombreamento/ Tamanho das aberturas	Ventilação Natural
1		Permitir a entrada de sol nos períodos mais frios/Aberturas médias	Não recomendada
2		Permitir a entrada de sol no inverno/ Aberturas médias	Recomenda-se a ventilação cruzada no verão
3		Permitir a entrada de sol no inverno/ Aberturas médias	Recomenda-se a ventilação cruzada no verão

<p>4</p>	 <p>Zona 4</p>	<p>Sombrear aberturas/ Aberturas médias</p>	<p>Recomenda-se a ventilação seletiva no verão (nos períodos em que a temperatura interna seja superior à externa)</p>
<p>5</p>	 <p>Zona 5</p>	<p>Sombrear aberturas/ Aberturas médias</p>	<p>Recomenda-se a ventilação cruzada no verão</p>
<p>6</p>	 <p>Zona 6</p>	<p>Sombrear aberturas/ Aberturas médias</p>	<p>Recomenda-se a ventilação seletiva no verão (nos períodos em que a temperatura interna seja superior à externa)</p>
<p>7</p>	 <p>Zona 7</p>	<p>Sombrear aberturas/ Aberturas pequenas</p>	<p>Recomenda-se a ventilação seletiva no verão (nos períodos em que a temperatura interna seja superior à externa)</p>

8		Sombrear aberturas/Aberturas grandes	Recomenda-se ventilação cruzada permanente no verão
---	---	--------------------------------------	---

Fonte: A autora, 2016 - Adaptado da NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

2.1.3.1 Sombreamento

O sombreamento é uma estratégia bioclimática útil para melhorar o desempenho energético, atuando também no conforto térmico e lumínico nos edifícios. Além disso, apresenta grande potencial plástico na concepção estética das fachadas.

Em conjunto com a orientação adequada para os edifícios, em relação à insolação, a proteção solar na arquitetura pode resultar em composições formais muito interessantes, além de eficientes. Os protetores solares, ou quebra-sol, podem ser móveis ou fixos, verticais, horizontais ou mistos, dependendo da sua movimentação, assim como, da posição que ocupam.

Também podem ser executados com diversos tipos de materiais como concreto, tecidos, lonas, alumínio, entre outros. Podem-se apresentar ainda na forma de pergolados, elementos vazados, como os cobogós, parcialmente translúcidos etc. As figuras 10 a 12 mostram fachadas com proteção solar de materiais e formas distintas.

Figura 10 – Elementos de proteção solar em concreto.



Fonte: FRANÇA, 2014. Hospital Regional de Taguatinga.

Figura 11 – Toldos usados como elementos de proteção solar.



Fonte: PORTALE, 2015.

Figura 12 – Elementos de proteção solar, painéis móveis de alumínio.



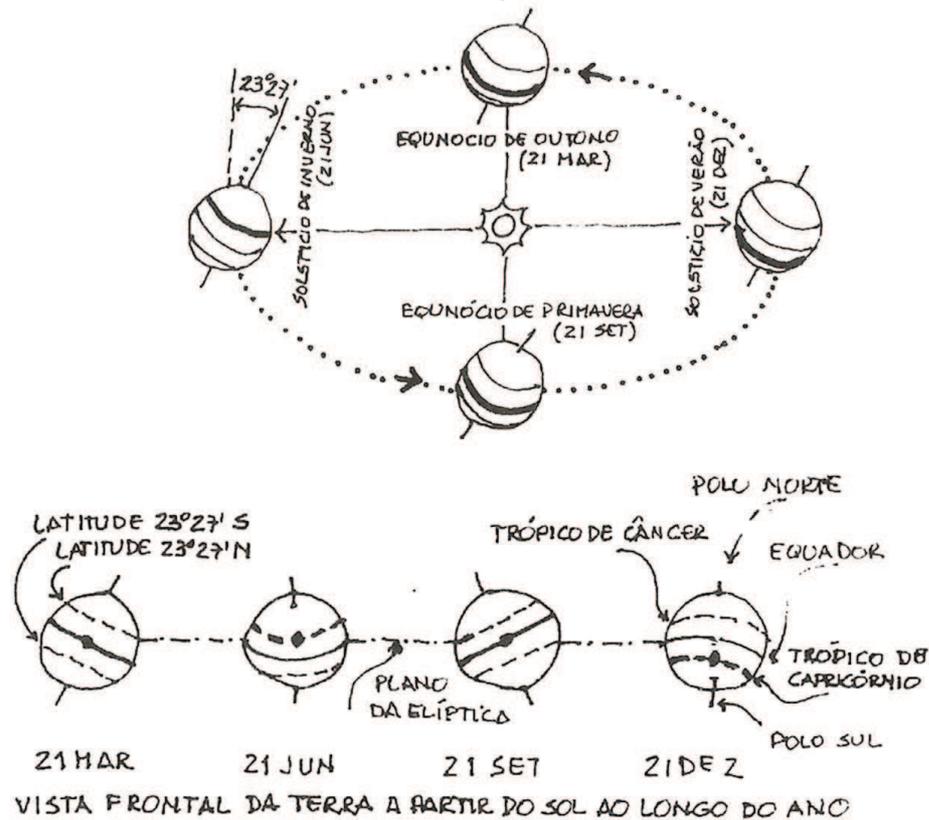
Fonte: ELIANE, 2011. Edifício comercial, Áustria.

Desde o século I, em seus escritos, Vitruvius apresentava preocupação com o clima e a orientação dos edifícios, para proporcionar melhores condições de habitabilidade (VITRUVIO, 1979).

Da mesma forma que as estações se diferenciam conforme o movimento de translação e da inclinação do eixo terrestre, a orientação de um edifício determina a quantidade de radiação que incide em suas fachadas em diferentes períodos do ano (OLGYAY, 2006).

A figura 13 apresenta um esquema do percurso da Terra em torno do Sol, em que se dão as estações conforme o ângulo de incidência dos raios solares sobre a superfície terrestre.

Figura 13 – Percurso da Terra em torno do Sol ao longo do ano.



Fonte: BITTENCOURT, 2004.

Dependendo da orientação do edifício, e latitude do local em que será implantado, uma mesma proteção solar pode proporcionar sombreamentos diferentes, apesar de apresentar uma mesma máscara de sombras. Além disso, a necessidade de sombreamento varia conforme os demais condicionantes climáticos locais.

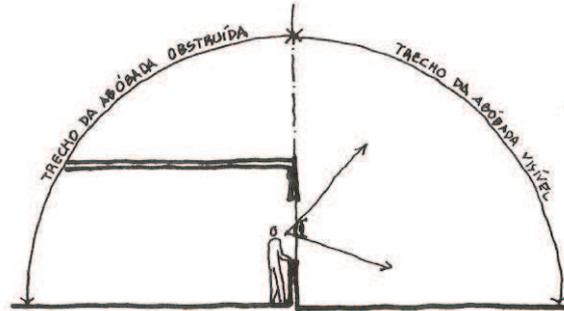
A entrada de radiação solar direta por meio das janelas, causando ofuscamento e aquecimento dos ambientes internos em climas quentes, é indesejada. Já em climas frios, o ganho de calor proveniente dos raios solares pode ser desejável.

De outro modo, uma proteção solar inadequada pode obstruir excessivamente a visão da abóbada celeste, impondo a necessidade do uso de iluminação artificial com o consequente aumento do consumo de energia elétrica.

A máscara de sombra (figura 14), "forma gráfica que determina as partes da abóbada celeste obstruídas por barreiras diversas (edificações vizinhas, massas de vegetação, saliências da própria edificação, etc.) e a parte visível da mesma abóbada, a partir de um ponto escolhido" (BITTENCOURT, 2004, p. 46) associada

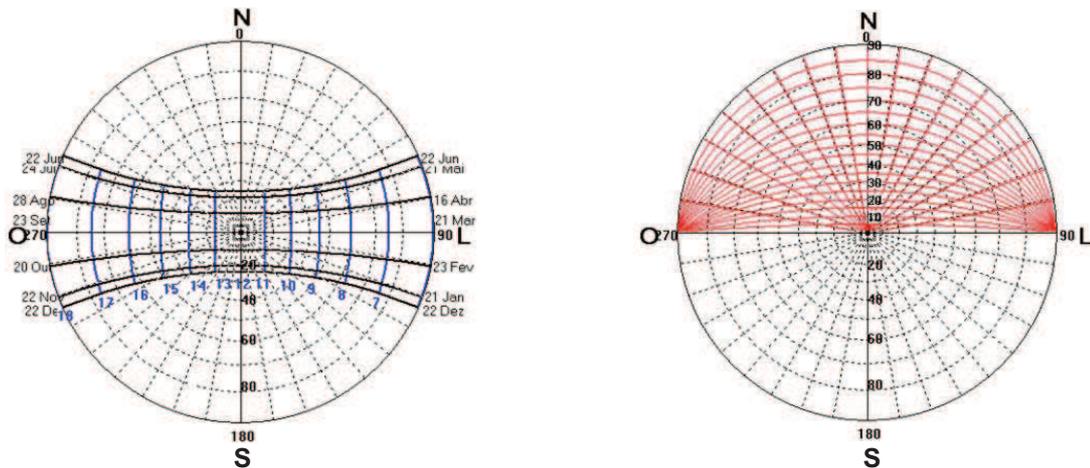
ao diagrama solar de um determinado local, e ao medidor de ângulos verticais e horizontais, apresentados na figura 15, constituem-se em ferramentas utilizadas para projetar protetores solares adequados.

Figura 14 – Máscara de sombra a partir de uma janela.



Fonte: BITTENCOURT, 2004.

Figura 15 – Diagrama solar e medidor de ângulos.



Fonte: Analysis SOL-AR. LABEEE, 2005.

Soluções arquitetônicas, relativamente simples, podem ser utilizadas para promover uma proteção solar adequada aos edifícios, potencializando a eficiência energética, o conforto dos usuários e aliando autenticidade à edificação.

Semelhantemente, utilizam-se elementos arquitetônicos e a orientação do edifício para o melhor aproveitamento da ventilação natural.

2.1.3.2 Ventilação Natural

Dentre as diretrizes construtivas apresentadas na NBR 15220 - 3 (ABNT, 2005) a ventilação natural é indicada como estratégia de condicionamento passivo para a maioria das zonas bioclimáticas brasileiras.

Utilizada de maneira adequada, a ventilação natural é uma estratégia simples e muito eficiente para promover o conforto térmico. Dependendo da temperatura do ar, a ventilação natural pode produzir um resfriamento da edificação, como também um resfriamento fisiológico⁴ do corpo humano.

A ventilação também permite a renovação do ar dos ambientes, a dissipação de calor e a diluição de vapores, fumaças e poluentes (FROTA e SCHIFFER, 2007).

Para estudar os efeitos da ventilação natural em um determinado ponto de uma edificação, é necessária a determinação da velocidade do vento neste ponto, com base no gradiente de vento (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2008). Esse ajuste, entre a velocidade do vento medida nas estações meteorológicas e a velocidade do vento na altura em que se deseja trabalhar, é feito por meio da equação 1, que calcula a velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar, em função da velocidade média do vento, medida na estação meteorológica a uma altura padrão de 10m.

$$V = k \cdot z^a \cdot V_m \quad (1)$$

Onde:

V = Velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar (m/s).

V_m = Velocidade média do vento, medida na estação meteorológica a uma altura padrão de 10m (m/s).

z = Altura da abertura de entrada do vento (m).

k, a = Coeficientes que variam de acordo com a rugosidade do entorno (quadro 3).

Dependendo da rugosidade do entorno, onde a edificação se encontra, a velocidade do vento varia, modificando o gradiente de vento. O quadro 3 e o gráfico 1 mostram os coeficientes de rugosidade do terreno e os gradientes de ventos correspondentes às áreas suburbanas, campos abertos e cidades.

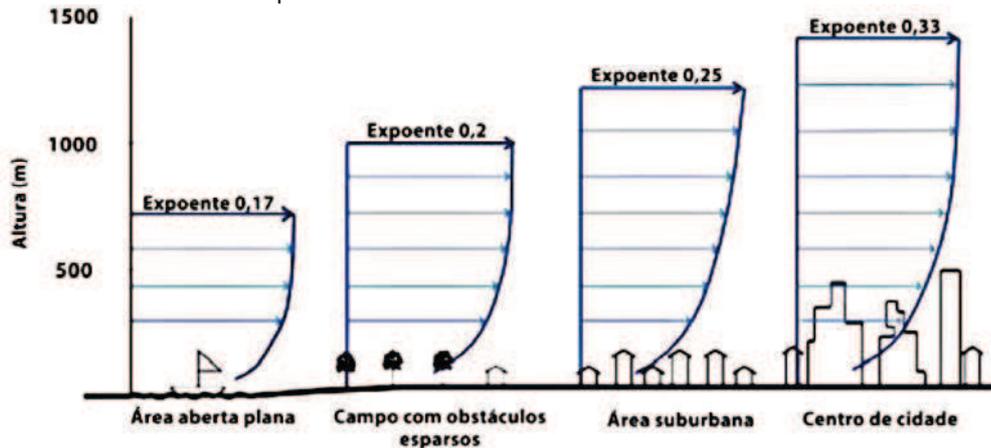
Quadro 3 – Coeficientes de rugosidade do terreno.

Coeficiente do terreno	k	a
Área aberta plana	0,68	0,17
Campo com obstáculos esparsos	0,52	0,20
Área suburbana	0,35	0,25
Centro de cidade	0,21	0,33

Fonte: JACKMAN apud BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2008.

⁴ Resfriamento fisiológico é o efeito refrescante provocado pela evaporação do suor da pele e pelas trocas de calor por convecção, que ocorrem quando o fluxo de ar entra em contato com o corpo humano (ASHLEY; SHERMAN apud BITTENCOURT, 2008).

Gráfico 1 – Gradiente do vento para diferentes áreas.



Fonte: JACKMAN apud BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2008.

A energia cinética do vento é transformada em energia potencial (pressão) contra obstáculos, como os edifícios, impulsionando a ventilação (ALLARD; GHIAUS; MANSOURI, 2003). Portanto, quanto maior a diferença de pressão do vento entre as aberturas de entrada (zona de sobrepressão) e saída (zona de subpressão) maior a possibilidade de movimentação do ar no interior do edifício.

Como o movimento do ar interno depende da diferença de pressão entre as aberturas de entrada e saída, o estudo das pressões externas é importante para avaliar o potencial da ventilação natural local, e para a identificação das orientações capazes de proporcionar uma boa circulação do ar nos espaços internos. Mas algumas características do projeto do edifício, como a tipologia das aberturas, interferem no desempenho relativo à ventilação natural.

As diferentes tipologias de janelas podem mostrar desempenhos diferenciados quanto à ventilação natural. A figura 16 apresenta alguns dos tipos de esquadrias mais conhecidos.

Figura 16 – Tipos de janelas.

(Continua)



(Conclusão)



Fonte: PEDREIRÃO, 2014.

A tipologia de esquadrias é um dos fatores principais que interferem na configuração do fluxo do vento no interior de uma construção. Outros fatores importantes são o tamanho e a localização das aberturas de entrada do ar nas fachadas, e a localização de outros componentes arquitetônicos nas proximidades das aberturas, como painéis verticais ou horizontais (OLGYAY, 2006; BITTENCOURT, 2008).

Para o uso adequado da ventilação natural, é importante que se considere a tipologia das esquadrias e a orientação das janelas em relação aos ventos dominantes na implantação dos edifícios. A má orientação das aberturas pode resultar em má circulação do vento em setores da edificação.

Em regiões quentes e úmidas, o uso da ventilação natural, como estratégia bioclimática para a obtenção de conforto térmico, envolve benefícios econômicos, de preservação de recursos naturais, de saúde e bem-estar (YEANG, 1996; VIQUEIRA, 2003).

Outras características que também interferem no desempenho dos edifícios, quanto à ventilação natural, são a forma daqueles e o ângulo de incidência do vento em relação às fachadas.

O estudo realizado por Medeiros et al (2015) analisou, por meio de simulações computacionais no programa de CFD PHOENICS 3.6, diferentes formas de edifícios de apartamentos sob variadas incidências de vento. Os resultados mostraram que em todos os casos com incidência do vento, paralela à fachada, a velocidade do vento no interior dos ambientes ficou abaixo da velocidade mínima de 0,6m/s, necessária para a obtenção de conforto térmico, enquanto que para a incidência oblíqua à fachada, todos os casos atingiram a velocidade do vento mínima.

O estudo também mostrou que a forma dos edifícios pode interferir nas diferenças de pressão em torno daqueles e, por consequência disso, interfere na ventilação interna dos ambientes.

Outro fator importante, a ser considerado para a promoção do conforto térmico e da eficiência energética nos edifícios, é a composição e o consequente desempenho dos materiais que constituem a edificação. Dependendo das suas propriedades térmicas, a envoltória pode permitir de maneira indesejada o armazenamento de calor ou sua perda para o exterior.

A transmitância e a capacidade térmica da envoltória estão diretamente relacionadas às características dos materiais e sistemas construtivos, utilizados nos edifícios. Como bem expõem Loura, Assis e Bastos (2015), “as envoltórias são um dos principais elementos da política de melhoria do desempenho térmico na última década no Brasil”.

A NBR 15220-2 (ABNT, 2005) descreve os métodos de cálculo da transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar dos materiais que compõem as edificações, conforme apresentado a seguir.

2.1.3.3 Propriedades térmicas da envoltória

a) Transmitância da envoltória

A transmitância térmica é a transmissão de calor em unidade de tempo, e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo que, no caso da envoltória, são os componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências, superficiais, interna e externa, induzidas pela diferença de temperatura entre dois ambientes (BRASIL, 2010).

A equação 2, utilizada para calcular a transmitância térmica, correspondente ao inverso da resistência térmica total.

$$U_T = 1/R_T \quad (2)$$

Onde:

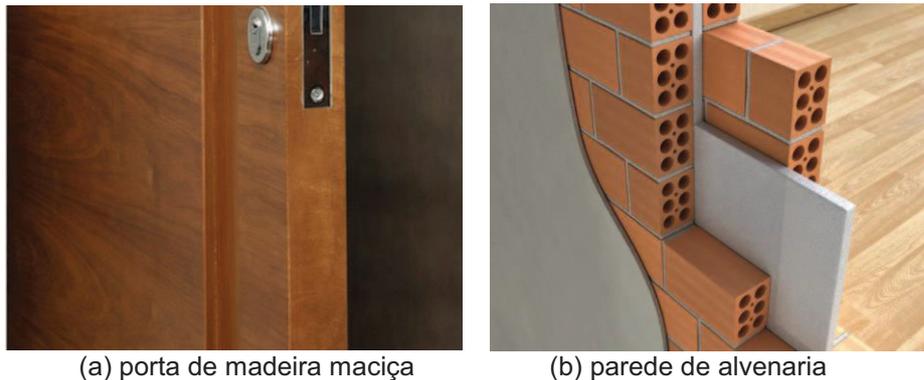
U_T = É a transmitância térmica de componentes (W/m^2K) e
 R_T = É a resistência térmica de componentes [$(m^2.K)/W$].

b) Capacidade térmica

A capacidade térmica é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema (BRASIL, 2010).

Tanto no caso da transmitância, como no da capacidade térmica, os componentes construtivos podem ser formados por camadas homogêneas ou não homogêneas (figura 17).

Figura 17 – Componentes construtivos; (a) homogêneo e (b) não homogêneo.



(a) porta de madeira maciça

(b) parede de alvenaria

Fonte: UNIMÓVEIS, 2012; SAMPAIO, 2011.

Para o cálculo da capacidade térmica de componentes formados por camadas homogêneas deve-se utilizar a equação 3.

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (3)$$

Onde:

$C_T = \acute{E}$ é a capacidade térmica de componentes (J/m²K);

λ_i = é a condutividade térmica da matéria da camada 'i', [W/(m.K)];

R_i = é a resistência térmica da camada 'i', [(m².K)/W];

e_i = é a espessura da camada 'i', [m];

c_i = é o calor específico do material da camada 'i', [kJ/(kg.K)];

ρ_i = é a densidade de massa aparente do material da camada 'i', (kg/m³).

A equação 4 deve ser utilizada para o cálculo da capacidade térmica de componentes formados por camadas não homogêneas.

$$C_T = (A_a + A_b + \dots + A_n) / (A_a/C_{Ta} + A_b/C_{Tb} + \dots + A_n/C_{Tn}) \quad (4)$$

Onde:

A_a, A_b, \dots, A_n = são as áreas de cada seção, (m^2);

$C_{Ta}, C_{Tb}, \dots, C_{Tn}$ = são as capacidades térmicas do componente para cada seção (a, b, ..., n), determinadas pela equação 3 (J/m^2K).

2.1.4 Conforto térmico e eficiência energética em edificações

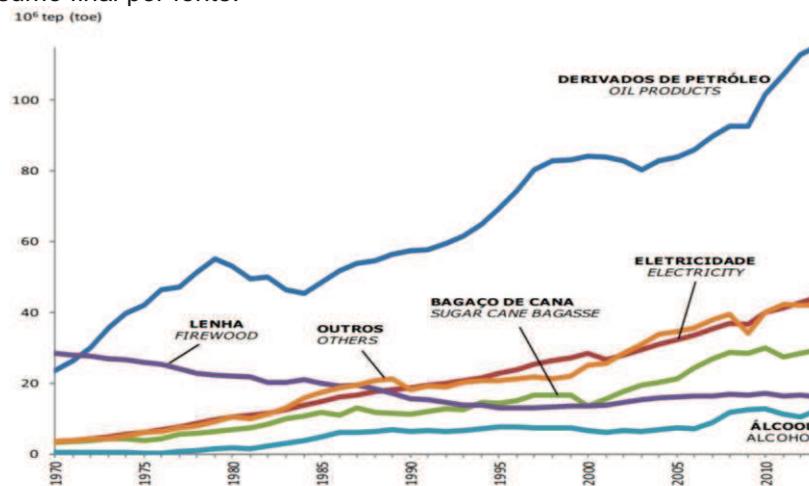
O desconforto térmico resulta na necessidade do uso de eletricidade para o condicionamento de ar, seja para o resfriamento ou para o aquecimento dos ambientes.

O corpo das pessoas que ocupam o edifício recebe a radiação proveniente das paredes, forro ou piso, em clima quente. Em ambientes onde as superfícies internas têm temperatura inferior ao corpo humano, este tende a perder calor para as superfícies frias. A solução dos problemas para o calor ou frio, está na adequação da envoltória do edifício (MASCARÓ, 1991).

O desempenho térmico das edificações está estreitamente relacionado à adequação da arquitetura ao clima, e esta, à racionalização do uso da energia, “evitando ou reduzindo os sistemas de condicionamento artificial de ar, quer com a finalidade de refrigerar, quer com a finalidade de aquecer os ambientes” (FROTA; SCHIFFER, 2007, p.16).

O consumo de energia no Brasil vem crescendo ano após ano. O gráfico 2 mostra o consumo final por fonte de energia no País, conforme o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2014).

Gráfico 2 – Consumo final por fonte.



Fonte: BRASIL, 2014.

Em destaque aparece o consumo de energia proveniente do petróleo e seus derivados que, por ser uma fonte de energia não renovável, apresenta risco de escassez. “Em função do modo de vida e das crescentes exigências de conforto da população (gerado principalmente por meio de sistemas e equipamentos supridos com energia proveniente de fontes não renováveis) o consumo energético tem aumentado no mundo todo” (LABEEE, 2007, p. 3).

As tabelas 01, 02 e 03 mostram que os setores residencial, comercial e público consomem, em maior percentual, a energia elétrica. No setor residencial, tabela 1, em dez anos, o consumo de energia elétrica cresceu de 31,6% a 45,3%, diferença de 13,7%, que representa um aumento de cerca de 40,0% no consumo. No setor comercial, tabela 2, o aumento do consumo de energia elétrica no mesmo período foi de 7,0%.

Tabela 1 – Percentuais do consumo de energia no setor residencial.

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SOURCES
GÁS NATURAL	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,4	NATURAL GAS
LENHA	37,8	37,7	37,5	35,1	33,9	32,6	30,9	28,0	27,2	24,2	FIREWOOD
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	27,3	26,2	25,8	26,5	26,6	26,4	26,7	27,4	26,9	27,5	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
QUEROSENE	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	KEROSENE
GÁS CANALIZADO	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	GASWORKS GAS
ELETRICIDADE	31,6	32,8	33,4	35,1	36,2	37,4	39,1	41,4	42,6	45,3	ELECTRICITY
CARVÃO VEGETAL	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,5	2,2	2,1	2,0	1,7	CHARCOAL
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: BRASIL, 2014.

Tabela 2 – Percentuais do consumo de energia no setor comercial.

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SOURCES
GÁS NATURAL	4,2	4,3	4,7	4,6	2,8	3,0	3,0	2,6	2,5	2,2	NATURAL GAS
LENHA	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	FIREWOOD
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2,7	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	0,4	0,3	0,3	0,2	FUEL OIL
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	5,5	5,7	5,5	5,1	5,0	2,1	4,4	4,9	5,7	5,2	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
ELETRICIDADE	83,0	84,4	84,3	84,8	86,8	89,6	89,1	89,4	89,0	90,0	ELECTRICITY
OUTRAS	3,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	1,8	1,4	1,3	1,2	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: BRASIL, 2014.

No setor público, como mostra a tabela 3, o aumento do consumo de energia elétrica do ano de 2004 a 2013, foi cerca de 13,0%. As escolas estão inclusas no grupo de edifícios denominados públicos⁵.

Tabela 3 – Percentuais do consumo de energia no setor público.

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	%
ÓLEO DIESEL	3,8	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	0,3	0,1	0,2	0,1	SOURCES
ÓLEO COMBUSTÍVEL	1,6	1,8	1,6	2,4	2,4	2,4	0,1	0,2	0,2	0,3	FUELOIL
ELETRICIDADE	79,1	81,6	82,3	81,5	82,0	83,1	87,5	87,4	91,5	91,8	ELECTRICITY
OUTRAS	15,5	14,2	13,4	13,4	12,9	11,9	12,1	12,4	8,0	7,8	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Fonte: BRASIL, 2014.

Além do consumo crescente de energia elétrica ao longo dos anos no Brasil, em 2015 “O aumento da conta de luz não afetou apenas as contas das famílias brasileiras. A União viu os gastos com energia elétrica aumentarem 40% neste ano. O Governo Federal possui gastos elevados com energia, já que é responsável pelo pagamento das contas de luz de todos os prédios do setor público federal” e o Ministério da Educação liderou o consumo de energia elétrica nos primeiros oito meses do ano (MENEZES, 2015).

Com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO iniciou em 1984 a discussão sobre a criação de programas de avaliação da conformidade com foco no desempenho, através da prestação de informações sobre a eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional.

A iniciativa gerou o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, que em parceria com a Eletrobrás e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, desenvolveu os Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos –

⁵ Edifícios públicos são imóveis construídos ou adaptados com recursos públicos para exercício de atividade administrativa ou para a prestação de serviços públicos, tais como prédios administrativos, escolas, hospitais, postos de saúde, clínicas, museus, instituições de pesquisa e outras instituições ou associações de diversos tipos (PBE EDIFICA, 2015).

RTQ-C (BRASIL, 2010) e de Edifícios Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2012) e a Etiqueta PBE Edifica.

O RTQ-C (BRASIL, 2010) descreve os procedimentos para a classificação de eficiência energética em três sistemas individuais: 1. Envoltória; 2. Sistema de iluminação e 3. Sistema de condicionamento de ar.

Dentre as alternativas para a redução do consumo de energia elétrica nas edificações tem-se a escolha adequada dos elementos que compõem a envoltória.

Na classificação da envoltória, segundo o RTQ-C (BRASIL, 2010) consideram-se as recomendações para transmitância térmica de paredes e coberturas conforme as zonas bioclimáticas da NBR 15220 - 3 (ABNT, 2005) assim como as cores e absorvâncias das superfícies.

Para a classificação do sistema de iluminação, considera-se a divisão dos circuitos, a contribuição de luz natural, o desligamento automático do sistema e a iluminação zenital. Para o condicionamento de ar avalia-se o tipo de sistema instalado, referenciando a ENCE do equipamento no caso de aparelhos de janela ou *split*.

A Eletrobrás também desenvolveu por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, orientações gerais para a conservação de energia elétrica em prédios públicos (MAGALHÃES, 2011).

De modo geral, as edificações públicas apresentam oportunidades significativas de redução de custos e de economia de energia através de um melhor gerenciamento da instalação, adoção de equipamentos tecnologicamente mais avançados e eficientes, alterações de algumas características arquitetônicas [...]. Entretanto, é importante esclarecer que as oportunidades de redução de consumo de energia elétrica em cada prédio devem ser identificadas em um estudo específico, com recomendação das ações a serem empreendidas e análise de viabilidade técnico-econômica (MAGALHÃES, 2011, p. 4).

O combate ao desperdício de energia elétrica gera vantagens para o consumidor, que compromete menor parcela de sua renda; para o setor elétrico, que transfere investimentos ao atendimento de novos clientes e para a sociedade, que além de economizar recursos, ganha com a geração de novos empregos nas atividades de efficientização energética e na conservação do meio ambiente (MAGALHÃES, 2011).

No caso de tipologias de edificações padronizadas, os condicionantes climáticos, em muitos casos, são desconsiderados. O projeto padrão precisa ser flexível, permitindo ajustes a condições peculiares de implantação (KOWALTOWSKI, 2011).

2.1.5 Projetos padrão e Eficiência energética

O uso de projetos padrão não é uma prática recente. Tipologias de edificação e elementos construtivos vêm sendo implantados em diferentes entornos, sem ter em conta seus efeitos no conforto do homem (OLGYAY, 1998). “O processo criativo tem aversão à padronização, deve-se levar em conta, por outro lado, que esta é aplicada largamente e, portanto, necessita de análise em casos específicos (BARROS, 2002).”

No Brasil, a adoção de projetos padrão é frequente, principalmente para habitações populares como no programa Minha Casa Minha Vida, “uma iniciativa do Governo Federal que oferece condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda” (FEDERAL, 2015).

O programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2011) criado em 2007, com perspectiva inicial de atender a 500 municípios, disponibilizou o Projeto Padrão de Escola Técnica – PPET-MEC, de ensino profissionalizante, visando a fortalecer as redes estaduais de educação profissional e tecnológica, para a modernização e a expansão das redes públicas de Ensino Médio, integradas à educação profissional, uma das metas do Plano de Desenvolvimento da Educação - PDE. A iniciativa repassa recursos do Governo Federal para que os Estados invistam em suas escolas técnicas.

A primeira versão do projeto foi divulgada em 2009, em nível básico de detalhamento, e em 2011 foi disponibilizado o projeto de arquitetura executivo, mais os projetos complementares contendo ajustes para o melhor funcionamento da escola padrão (MEC, 2011).

Conforme o caderno de especificações técnicas do PPET-MEC, como requisitos para a implantação, exige-se um terreno com área mínima de 12 mil m² e declividade de até 3%. Os terrenos também devem ser livres da ocorrência de córregos e nascentes, linhas de alta tensão e adutoras e ter os recuos mínimos conforme a Lei Federal nº6766 (1979) sobre o parcelamento do solo urbano. Devido à diversidade de relevo e à indisponibilidade de lotes em alguns municípios, a escola

foi projetada com blocos independentes, o que permite a locação conforme as características do terreno.

A primeira escola padrão, figura 18, construída com recursos do programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2010) foi inaugurada em 19 de agosto de 2010 em Tamboril/CE (EEEP, 2010), cidade de clima quente e semi-árido (IBGE, 2002). O Estado do Ceará possui atualmente cerca de 100 Escolas Estaduais de Ensino Profissionalizante, sendo que 38 dessas escolas têm o PPET-MEC.

Figura 18 – Escola padrão do MEC em Tamboril/CE.



Fonte: EEEP, 2010.

A seguir são apresentadas outras três escolas padrão, que fazem parte do programa Brasil Profissionalizado do MEC (2011). As escolas foram implantadas, respectivamente, nos estados do Ceará, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

A Escola Estadual de Educação Profissional – EEEP Antônio Rodrigues de Oliveira, figura 19, localiza-se em Pedra Branca, município da região do Sertão Central do Estado do Ceará, também de clima quente e semi-árido (IBGE, 2002). A escola padrão do município de Pedra Branca foi inaugurada no dia 29 de setembro de 2011 (SEDUC, 2011).

Figura 19 – Escola padrão do MEC em Pedra Branca/CE.



Fonte: EEEP, 2013.

O mesmo projeto, implantado em Naviraí/MS, cidade de clima subquente e úmido (IBGE, 2002), chama-se Centro de Educação Profissional Senador Ramez Tebet (figura 20). A construção foi iniciada em 2012, inaugurada no dia 03 de dezembro de 2014, com investimento superior aos R\$ 7 milhões (NAVIRAÍ, 2014).

Figura 20 – Escola padrão do MEC em Naviraí/MS.



Fonte: DOURANEWS, 2014; NAVIRAÍ, 2014; OLIVEIRA, 2014.

Entre outros municípios, Sacramento/MG, de clima subquente e semi-úmido (IBGE, 2002) também recebeu o projeto padrão do MEC (2011). A Escola Estadual de Ensino Médio e Técnico de Minas Gerais, figura 21, teve obras iniciadas em junho de 2012 e inauguração em 19 de dezembro de 2014 com investimento total de mais de R\$ 7,8 milhões.

Figura 21 – Escola padrão do MEC em Sacramento/MG.



Fonte: EDUCAÇÃO, 2014.

O caderno de especificações do PPET-MEC (2011) apresenta como premissas de projeto as seguintes considerações:

- Definição de um modelo que possa ser implantado em qualquer região do território brasileiro, considerando-se as diferenças climáticas, topográficas e culturais;
- Facilidade construtiva, com a utilização de alvenaria em tijolo cerâmico e estrutura de concreto;
- Setorização dos ambientes por funções: administrativa, pedagógica, profissionalizante, vivência e serviços;
- Garantia de acessibilidade à pessoa com necessidades especiais em consonância com a NBR 9050 (ABNT, 2004);
- Utilização de materiais que permitam a fácil higienização e que propiciem fácil manutenção;
- Obediência à legislação pertinente e normas técnicas vigentes no que tange à construção, saúde e padrões educacionais estabelecidos pelo FNDE/MEC;
- O emprego adequado de técnicas e de materiais de construção, valorizando as reservas regionais com enfoque na sustentabilidade;
- No bloco pedagógico, pilares externos, marcando a modulação, permitindo a colocação de *brises*;

- Levando-se em conta todos esses fatores, e como forma de simplificar a execução da obra em todas as regiões do País, o sistema construtivo adotado foi em estrutura de concreto para todas as edificações, paredes em alvenaria de blocos cerâmicos comuns, lajes nervuradas com vigas protendidas e telhas metálicas.

Além das premissas de projeto apresentadas, o caderno de especificações técnicas do PPET-MEC (2011) traz em suas considerações gerais a seguinte declaração:

“Face à diversidade de regiões geográficas nas quais a edificação virá a ser construída, os projetos deverão apresentar alternativas tecnológicas tais como projeto de instalações elétricas, fundações em sapatas ou estacas, alternativas sanitárias à ausência de rede pública de esgoto, além de recomendações quanto à orientação ótima do edifício com vistas à eficiência energética e ao conforto ambiental”.

Considerando a diversidade de climas existentes no Brasil, a implantação do PPET-MEC em todo o território brasileiro pode resultar em problemas relacionados ao conforto térmico dos usuários e, por consequência, o consumo desnecessário de energia elétrica, devido à carência de estudos do desempenho do edifício no Brasil.

Um único projeto dificilmente terá bom desempenho em condições climáticas diferentes. Cada clima possui suas exigências bioclimáticas e, em consequência disso, requer soluções projetuais distintas.

O desconforto térmico em escolas causa impactos negativos na aprendizagem dos alunos e nas despesas com energia elétrica dos edifícios.

O objetivo principal deste trabalho é avaliar o desempenho do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC (2011) dada a sua importância por conter a maior parte das salas de aula do projeto. A avaliação será baseada nas características da insolação e da ventilação natural do edifício, quando implantado em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras.

3 MÉTODO

A metodologia consiste em análises paramétricas com a finalidade de avaliar o desempenho de diversas implantações do PPET-MEC (2011) quando localizado em diferentes regiões do país, e está dividida em duas etapas.

A primeira etapa apresenta uma caracterização do objeto de estudo, apresentando um panorama geral das características climáticas do Brasil e do PPET-MEC (2011).

A segunda etapa descreve os procedimentos adotados para as análises paramétricas, relativas ao sombreamento e à ventilação natural.

3.1 Caracterização do objeto de estudo

3.1.1 Características do PPET-MEC

A figura 22 mostra algumas das perspectivas que acompanham o projeto arquitetônico da escola técnica padrão do MEC (2011).

Figura 22 – Perspectivas do PPET-MEC.

(Continua)



(Conclusão)



Fonte: MEC, 2011.

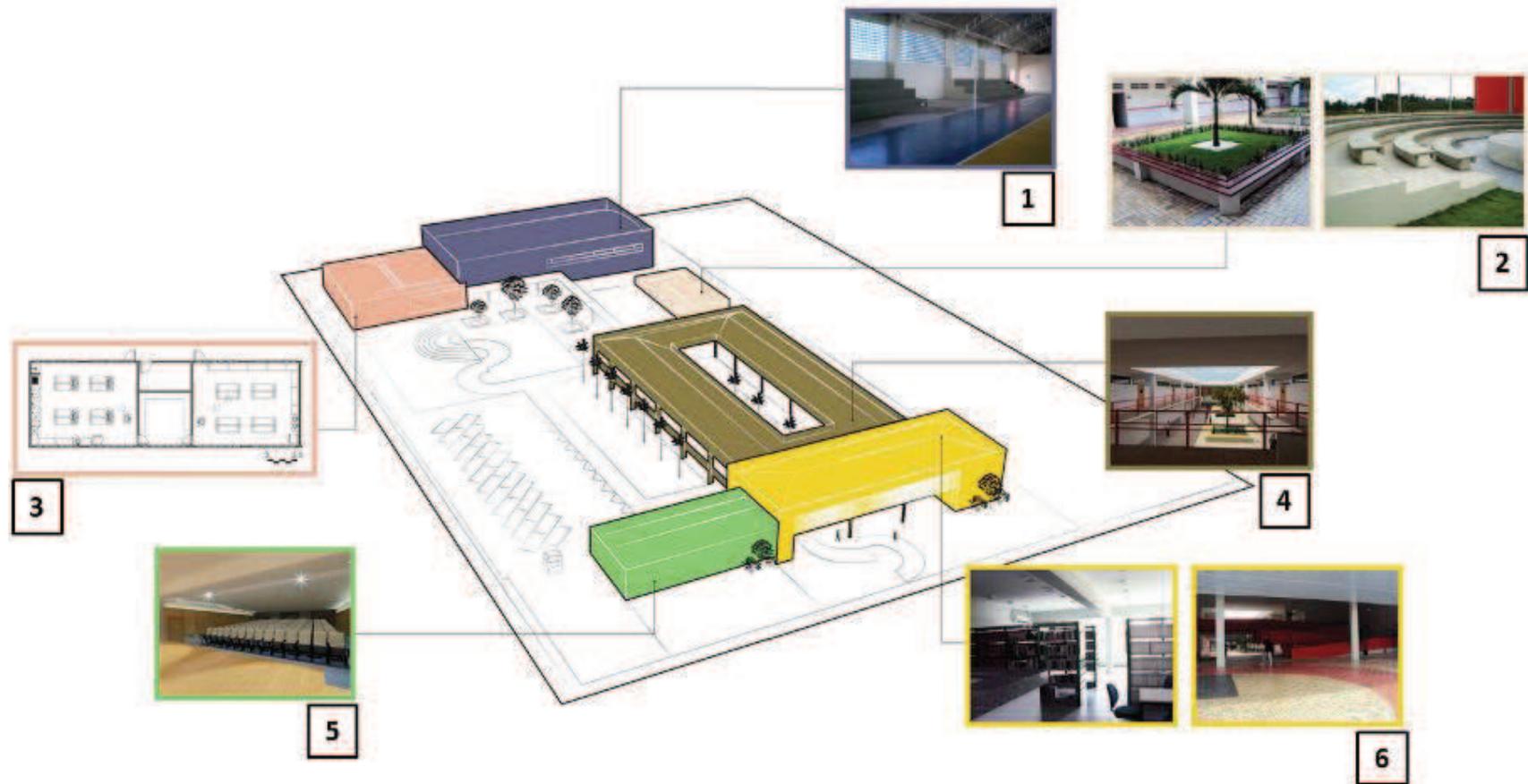
O partido arquitetônico do projeto caracteriza-se por 6 blocos independentes ligados por circulações cobertas. A escola padrão ocupa uma área construída de aproximadamente 5.577 m², possui acessos independentes para pedestres, serviço, automóveis e veículos, e acesso secundário para a quadra de esportes. O quadro 4 e a figura 23 apresentam cada bloco do PPET-MEC, seus ambientes e áreas.

Quadro 4 – Descrição dos blocos do PPET-MEC.

Bloco	Descrição	Área construída (m ²)	Ambientes
1	Quadra poliesportiva coberta	1.094,23	Arquibancada, sala multiuso, sala de coordenação e educação física e vestiários adaptados para portadores de necessidades especiais.
2	Bloco de serviços e vivência	685,79	Área descoberta com bancos e jardineiras, grêmio estudantil, teatro de arena, área coberta com refeitório e cantina.
3	Bloco de ensino profissionalizante	518,12	Dois laboratórios especiais de Química e Biologia para diferentes propostas pedagógicas.
4	Bloco pedagógico/ administrativo	2.281,42	Sala de professores, diretoria, coordenação e demais espaços administrativos, laboratórios de Biologia, Química, Física, Matemática, Línguas e Informática e átrio central de vivência no pavimento térreo. O pavimento superior abriga 12 salas de aulas com capacidade para 42 alunos cada. Nos dois pavimentos ainda encontram-se os sanitários masculino, feminino e um adaptado para portadores de necessidades especiais, rampas e escadas.
5	Auditório	297,28	Palco com rampa de acesso, plateia com 200 assentos, incluindo 2 lugares para pessoas obesas e 2 lugares para pessoas com mobilidade reduzida, e sala técnica.
6	Bloco de acesso principal e biblioteca	596,31	Hall coberto, circulação vertical e biblioteca.

Fonte: Adaptado de FIGUEROLA, 2013; MEC, 2011.

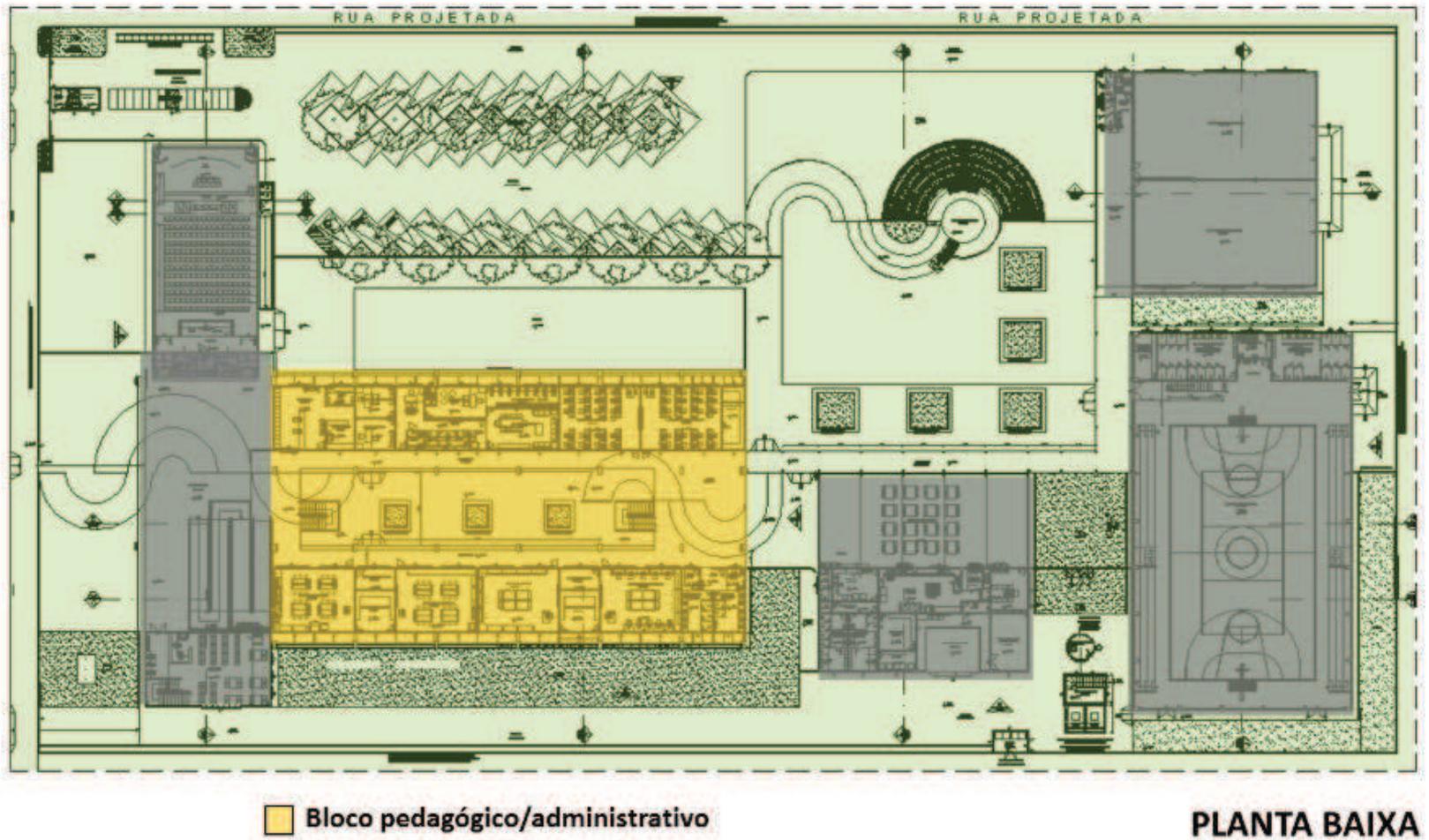
Figura 23 – Blocos do PPET-MEC.



Fonte: FIGUEROLA, 2013.

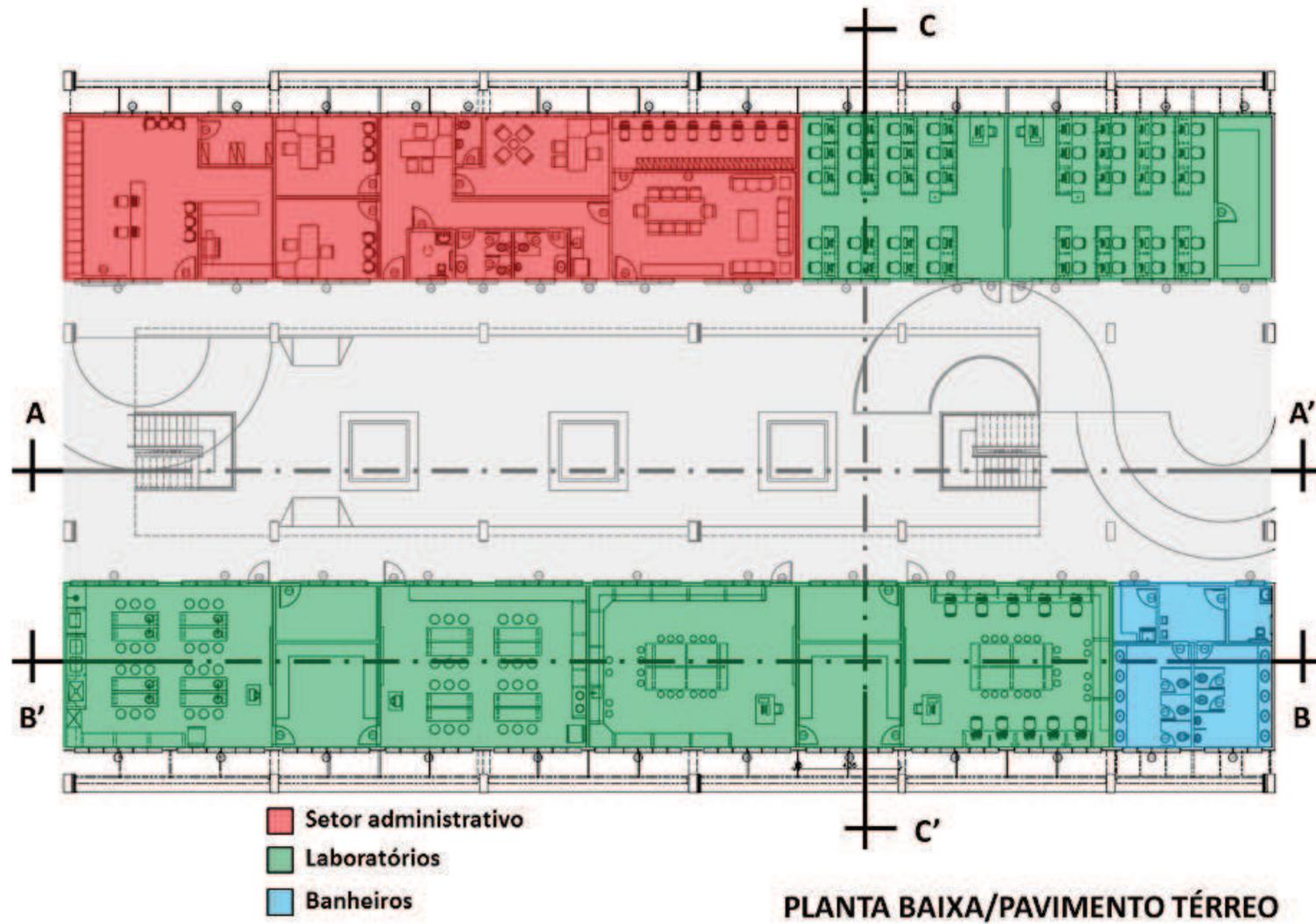
O bloco pedagógico/administrativo contém a maior parte dos ambientes de permanência prolongada, as salas de aula, e, por isso, foi escolhido para análise. A figura 24 ilustra a localização do bloco pedagógico/administrativo no conjunto edificado, enquanto as figuras 25 a 27 mostram a planta baixa do bloco e três cortes esquemáticos.

Figura 24 – Planta baixa do PPET-MEC.



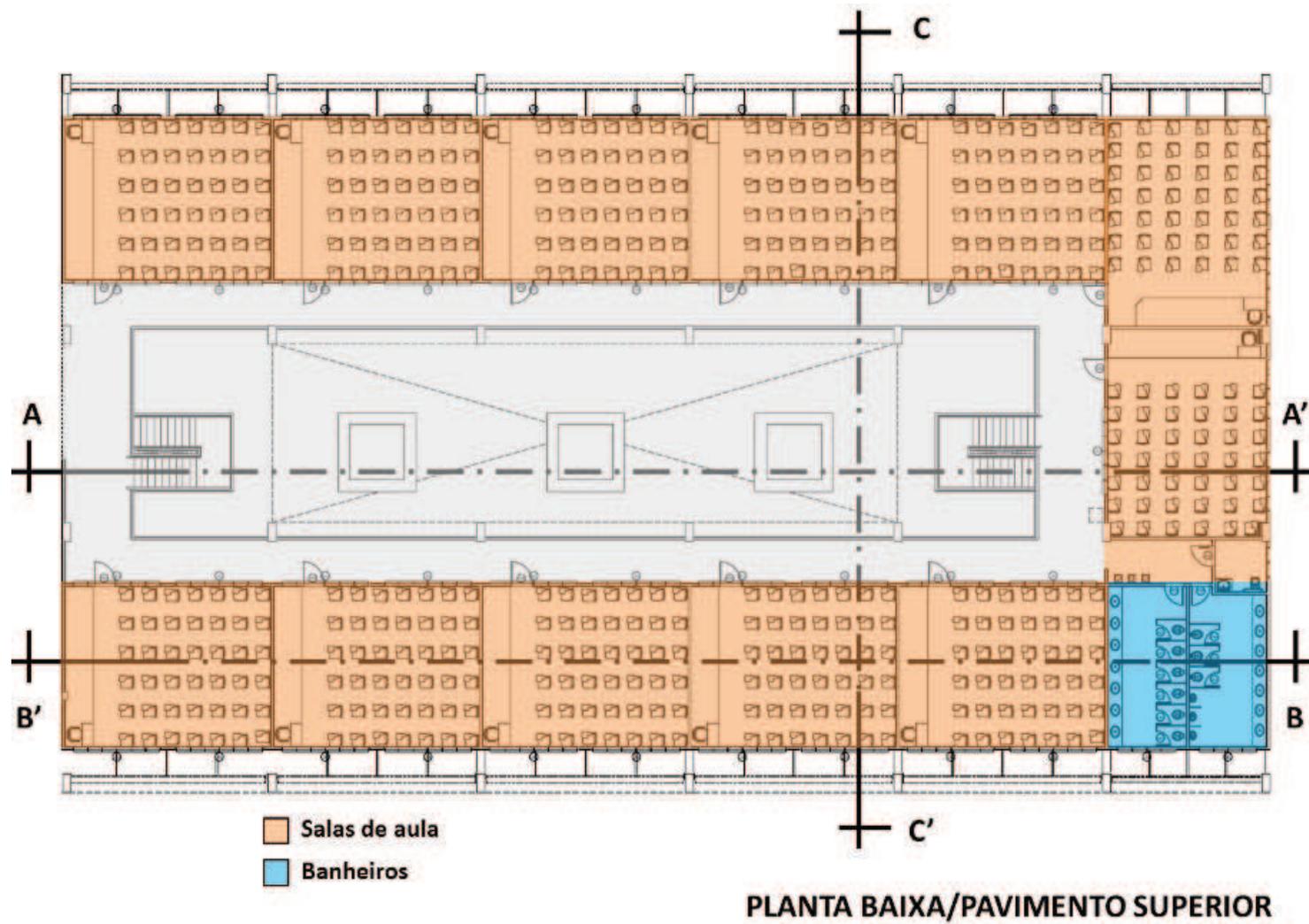
Fonte: A autora, 2016 - Adaptado do PPET-MEC, 2011.

Figura 25 – Planta baixa do pavimento térreo, bloco pedagógico/administrativo.



Fonte: A autora, 2016 - Adaptado do PPET-MEC, 2011.

Figura 26 – Planta baixa do pavimento superior, bloco pedagógico/administrativo.



Fonte: A autora, 2016 - Adaptado do PPET-MEC, 2011.

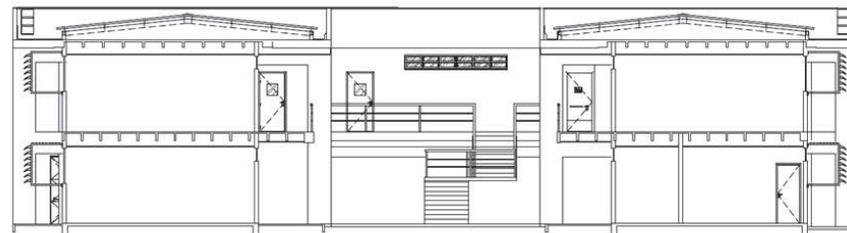
Figura 27 –Cortes esquemáticos AA', BB' e CC'.



CORTE AA'



CORTE BB'



CORTE CC'

Fonte: A autora, 2016 - Adaptado do PPET-MEC, 2011.

O projeto arquitetônico do PPET-MEC completo, com 41 pranchas, está disponível no *site* do MEC (2011). O ANEXO 1 traz as 15 primeiras pranchas, incluindo a implantação, plantas baixas, plantas de forro, plantas de cobertura, cortes com alguns detalhes e as fachadas.

O quadro 5 mostra as características dos laboratórios e salas de aula do bloco pedagógico/administrativo, quanto aos materiais, tipos de esquadrias e outros elementos que compõem a sua estrutura.

Quadro 5 – Materiais e componentes da estrutura dos laboratórios e salas de aula.

Componente construtivo		Descrição
1	Paredes	Alvenaria de blocos cerâmicos 19x19x10 cm, com chapisco, emboço e reboco.
2	Piso	Granitina.
3	Janelas	Basculantes de alumínio e vidros de 6 mm.
4	Brises	Alumínio branco 0,8 mm microperfurados.
5	Portas	Madeira maciça, com pintura esmalte e visor de vidro 6mm.
6	Forro	Gesso acartonado em placa 625x625 mm.
7	Cobertura	Telha metálica trapezoidal.

Fonte: Adaptado de FIGUEROLA, 2013; MEC, 2011.

3.2 Análises paramétricas do sombreamento e da ventilação natural no PPET-MEC

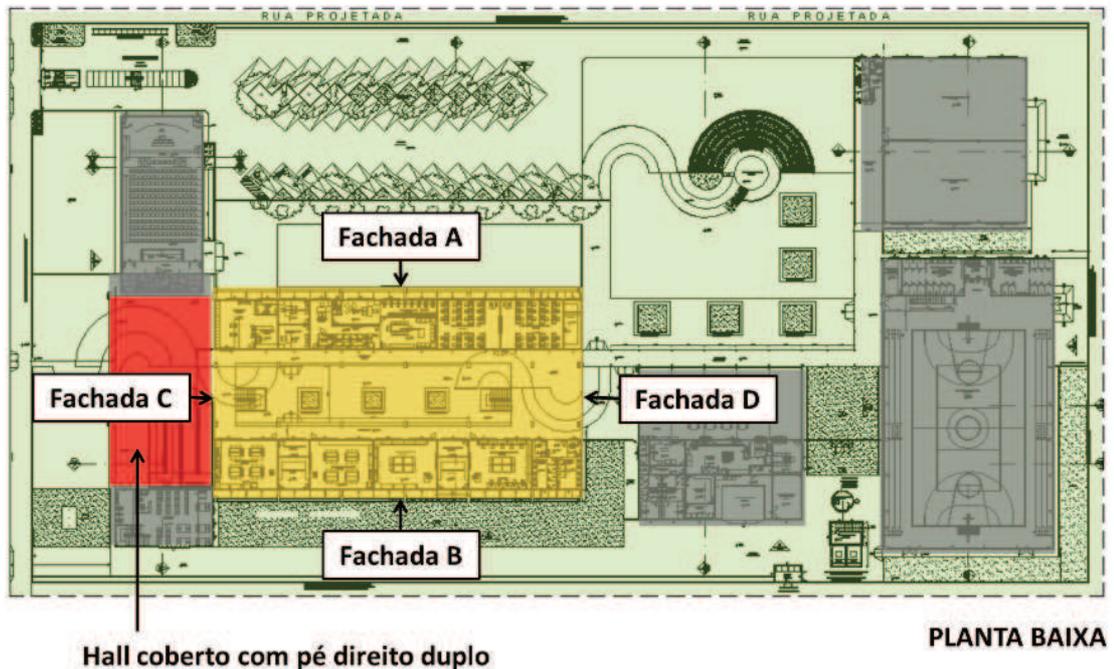
Para o melhor entendimento dos aspectos analisados, as análises do desempenho da edificação, embora estejam inter-relacionadas, estão em dois itens diferentes: análises da insolação e da ventilação natural.

3.2.1 Análise da insolação

A análise de insolação é importante para o bom desempenho do projeto, porque, dependendo do local onde será implantado, a incidência direta de raios solares, através das janelas, causa ofuscamento e desconforto térmico.

Para o estudo de insolação foram consideradas as fachadas A, B e D do bloco pedagógico/administrativo (conforme o esquema apresentado na figura 28) pois a fachada C não possui janelas, e está voltada para um grande hall coberto; onde se localiza a rampa de acesso ao pavimento superior. Assim, a fachada C encontra-se protegida da insolação (figuras 28 e 29).

Figura 28 – Identificação das fachadas estudadas no bloco pedagógico/administrativo.



Fonte: A autora, 2016 - Adaptado do PPET-MEC, 2011.

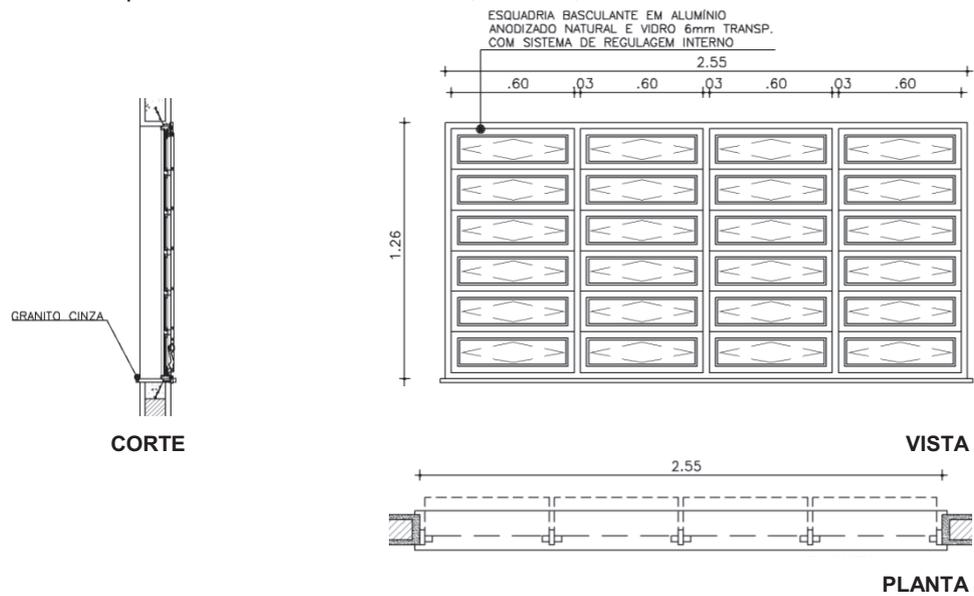
Figura 29 – Hall coberto, proteção solar da fachada C.



Fonte: MEC, 2011.

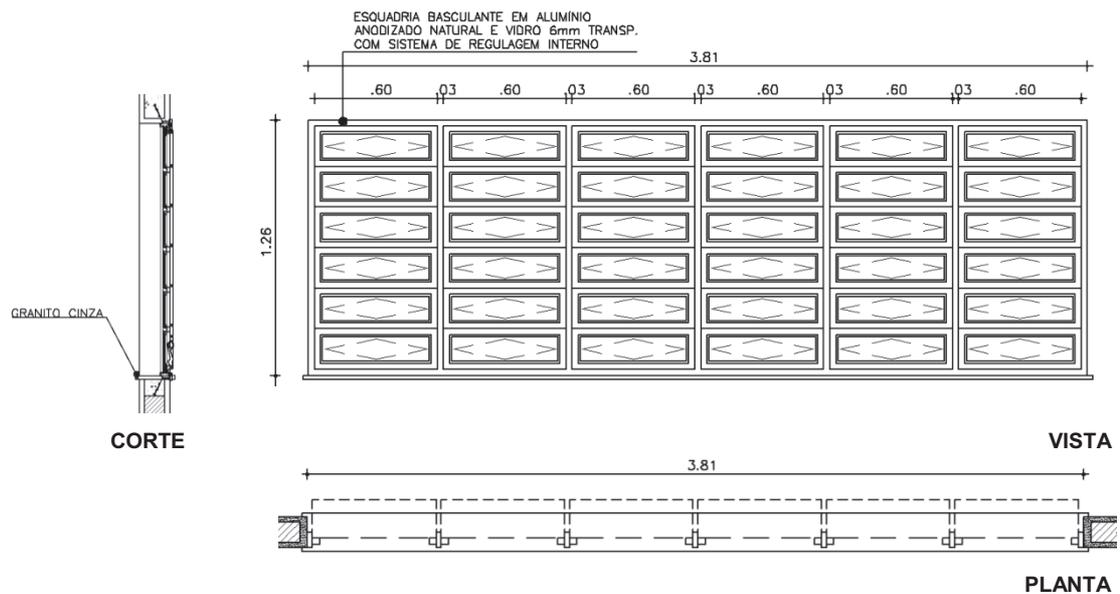
As esquadrias das salas de aula são constituídas por folhas basculantes de 0,60 m x 0,20 m (módulo mínimo) com moldura em alumínio e fechamento em vidro incolor de 6 mm de espessura. As dimensões das esquadrias das salas variam de acordo com a quantidade de módulos mínimos, compostas por 24 e 36 módulos, conforme os esquemas das figuras 30 e 31.

Figura 30 – Esquadria com 24 módulos de 0,60m x 0,20m.



Fonte: Adaptado do PPET-MEC, 2011.

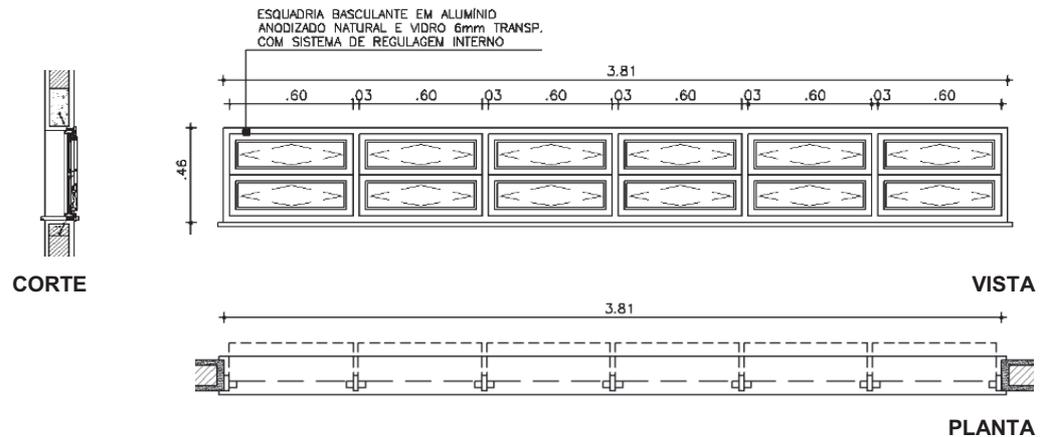
Figura 31 – Esquadria com 36 módulos de 0,60m x 0,20m.



Fonte: Adaptado do PPET-MEC, 2011.

Algumas das aberturas das salas encontram-se voltadas para o pátio central. São janelas altas (figura 32) também da tipologia basculante.

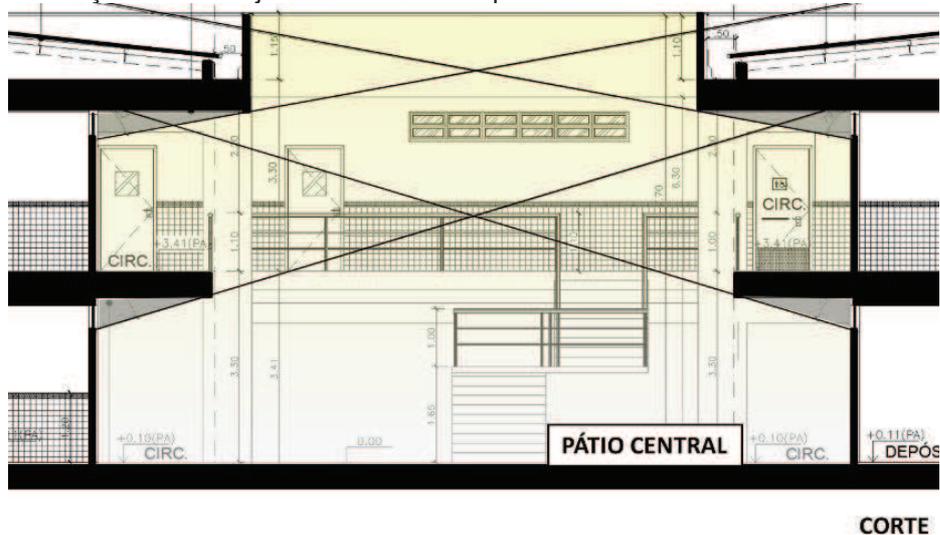
Figura 32 – Esquadria alta com 12 módulos de 0,60m x 0,20m.



Fonte: Adaptado do PPET-MEC, 2011.

A análise de insolação das aberturas voltadas para o pátio central mostra a obstrução total da abóbada celeste em todas as orientações, como ilustra o croqui da figura 33.

Figura 33 – Obstrução solar das janelas voltadas ao pátio central.



Fonte: A autora, 2016 - Adaptado do PPET-MEC, 2011.

A figura 34 apresenta um modelo de *brise* perfurado, existente no Laboratório de Computação Científica e Visualização – LCCV/UFAL, que é semelhante ao *brise* especificado no PPET-MEC.

Figura 34 – *Bris*es perfurados, LCCV/UFAL.



Fonte: A autora, 2016.

A radiação solar incidente, parcialmente obstruída pelos *brises* perfurados, provoca sérios problemas de desconforto térmico e visual, como o ofuscamento, segundo depoimento dos usuários desse ambiente. Ao fechar as cortinas, para evitar a incidência de radiação solar direta nos usuários, e no plano de trabalho, surge a necessidade de acionar a iluminação artificial, quando há luz natural disponível no exterior do ambiente.

Os *brises* horizontais micro perfurados, existentes nas janelas das fachadas A e B, produzem um sombreamento precário, porque permitem a passagem de grande parcela da radiação solar incidente através das janelas. Por esse motivo, para a análise de insolação, os *brises* existentes foram considerados como totalmente opacos, porque o tipo de *brises* micro perfurados, utilizados no projeto, são ineficientes como proteção solar.

A intensidade de desconforto térmico e visual depende do ângulo de incidência dos raios solares, sendo maior quando essa se encontra próxima da normal aos *brises*, e menor com incidências mais oblíquas em relação ao plano dos *brises*.

Os ângulos de proteção solar (ângulo vertical frontal – AVF, ângulo horizontal – AH, e ângulo vertical lateral – AVL) apresentados no quadro 6, foram determinados, desprezando as possíveis obstruções do entorno como, por exemplo, vegetação e outras edificações, pois se constitui na situação de maior exposição à radiação solar. Na prática, essas obstruções variarão em função das características

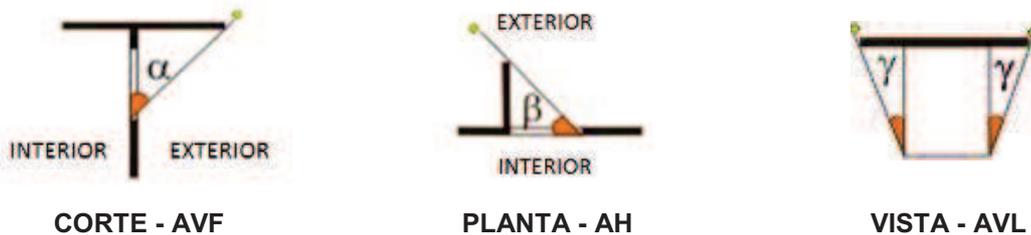
morfológicas do entorno do terreno, onde será implantada a escola. As figuras 35 e 36 mostram os croquis dos ângulos de proteção solar utilizados.

Quadro 6 – Ângulos de proteção solar das fachadas A, B e D.

Fachada	Ângulo	Nomenclatura	Valor em graus
A	Alfa 1 (α_1)	AVF 1	22°
	Alfa 2 (α_2)	AVF 2	75°
	Beta direito 1 (β_{d1})	AH D1	6°
	Beta direito 2 (β_{d2})	AH D2	14°
	Beta esquerdo 1 (β_{e1})	AH E1	6°
	Beta esquerdo 2 (β_{e2})	AHE2	14°
	Gama direito (γ_d)	AVL D	79°
	Gama esquerdo (γ_e)	AVL E	79°
B	Alfa 1 (α_1)	AVF 1	22°
	Alfa 2 (α_2)	AVF 2	75°
	Beta direito (β_d)	AH D	18°
	Beta esquerdo 1 (β_{e1})	AH E1	6°
	Beta esquerdo 2 (β_{e2})	AH E2	14°
	Gama direito (γ_d)	AVL D	69°
	Gama esquerdo (γ_e)	AVL E	79°
D	Alfa (α)	AVF	20°
	Beta direito (β_d)	AH D	7°
	Beta esquerdo (β_e)	AH E	7°

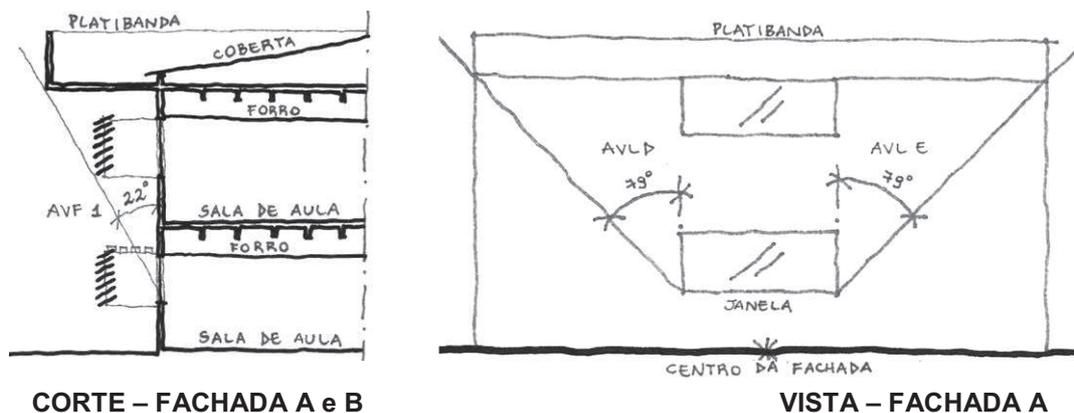
Fonte: A autora, 2016.

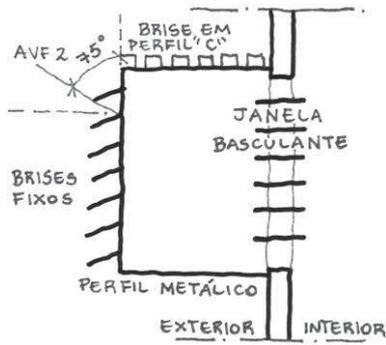
Figura 35 – Croquis dos ângulos de proteção solar utilizados.



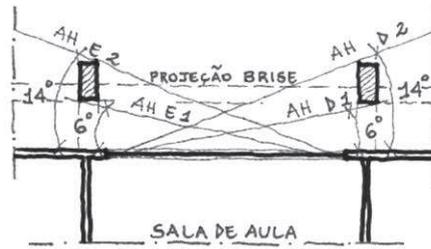
Fonte: Adaptado do programa Analysis SOL-AR. LABEIII, 2015.

Figura 36 – Ângulos de proteção solar verificados.

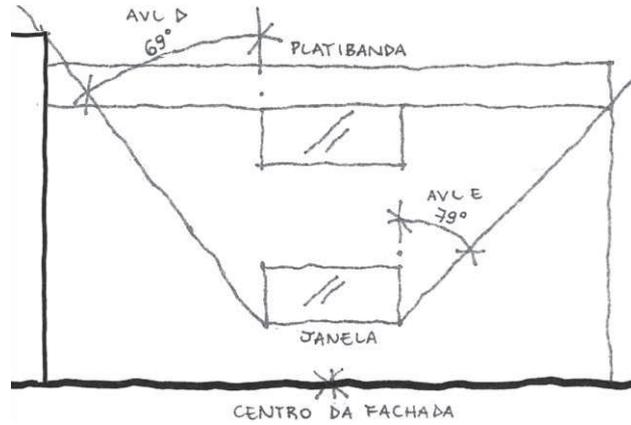




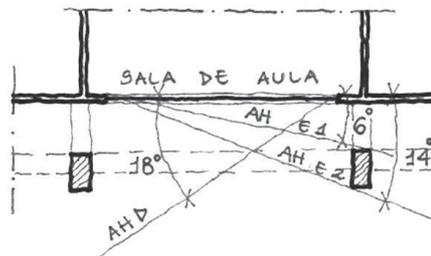
DETALHE – FACHADA A e B



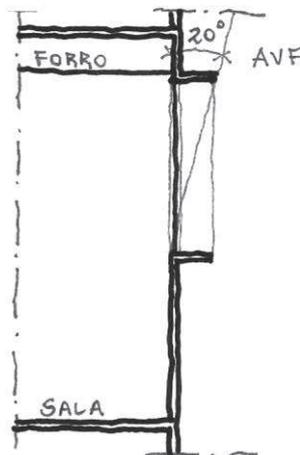
PLANTA – FACHADA A



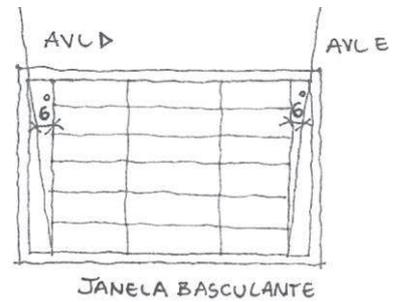
VISTA – FACHADA B



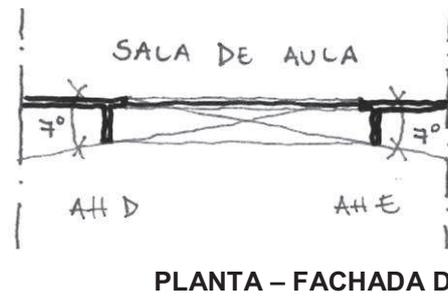
PLANTA – FACHADA B



CORTE – FACHADA D



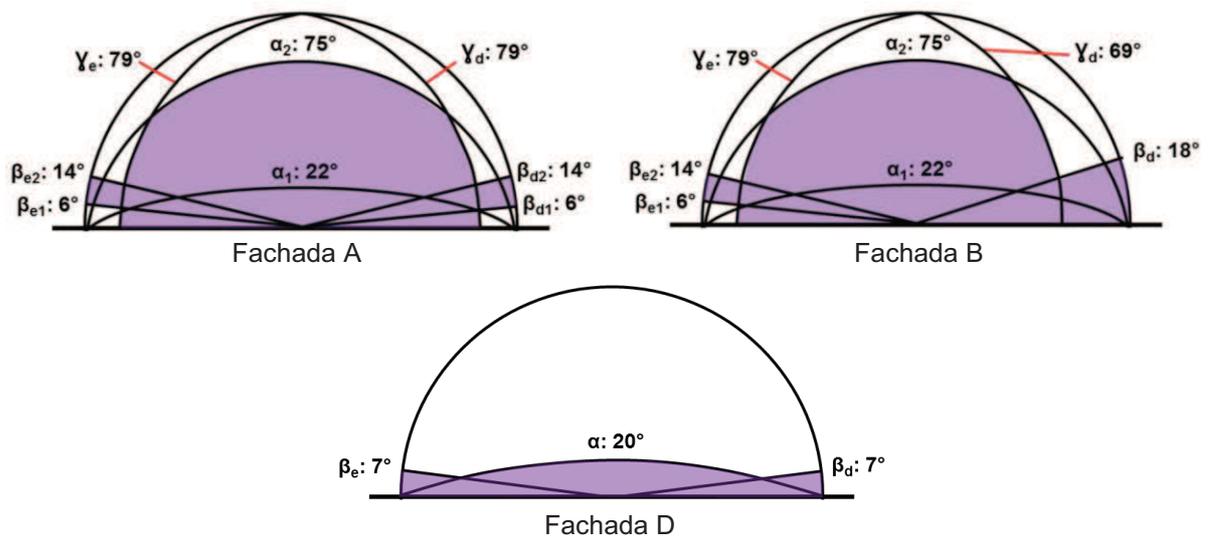
VISTA – FACHADA D



Fonte: A autora, 2016.

Por meio dos ângulos de proteção solar encontrados, foram traçadas as máscaras de sombras, apresentadas na figura 37, correspondentes às proteções solares existentes nas aberturas localizadas nas fachadas A, B e D.

Figura 37 – Máscaras de sombras das fachadas A e B.



Fonte: A autora, 2016.

As trajetórias solares variam de acordo com a latitude, apresentando condições de insolação diferenciadas. Com base na orientação das fachadas dos edifícios e nas trajetórias solares, é possível identificar o período e o dia do ano onde há a necessidade de proteção solar.

O quadro 7 traz as latitudes das capitais do Brasil, coletadas no Banco de Dados Geodésicos do IBGE (2014) em que aparecem cidades com valores de latitude semelhantes, como é o caso de Vitória com $20^\circ 18' S$, e Campo Grande com $20^\circ 26' S$.

Quadro 7 – Capitais brasileiras e suas latitudes.

	Capital	Latitude
1	Macapá – AP	0° 13' N
2	Belém – PA	1° 27' S
3	São Luiz – MA	2° 34' S
4	Boa Vista – RR	2° 50' N
5	Fortaleza – CE	3° 46' S
6	Manaus – AM	3° 05' S
7	Natal – RN	5° 50' S
8	Teresina – PI	5° 06' S
9	João Pessoa – PB	7° 08' S
10	Recife – PE	8° 03' S
11	Porto Velho – RO	8° 42' S
12	Maceió – AL	9° 33' S
13	Rio Branco – AC	9° 57' S
14	Palmas – TO	10° 11' S
15	Aracaju – SE	10° 54' S
16	Salvador – BA	12° 56' S
17	Goiânia – GO	16° 39' S
18	Cuiabá – MT	15° 33' S
19	Brasília – DF	15° 47' S
20	Belo Horizonte – MG	19° 56' S
21	Vitória – ES	20° 18' S
22	Campo Grande – MS	20° 26' S
23	Rio de Janeiro – RJ	22° 51' S
24	São Paulo – SP	23° 33' S
25	Curitiba – PR	25° 26' S
26	Florianópolis – SC	27° 35' S
27	Porto Alegre – RS	30° 04' S

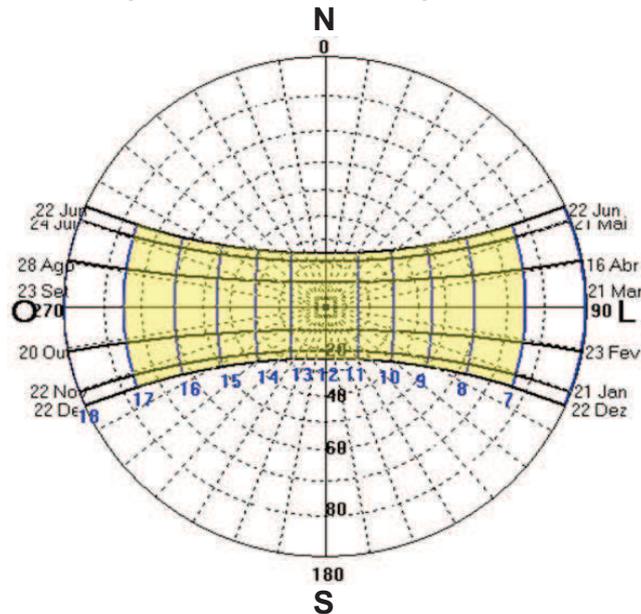
Fonte: IBGE, 2005-2015.

Com base nos valores das latitudes das cidades brasileiras, para o estudo do desempenho dos protetores solares da escola padrão, foram escolhidas seis diferentes latitudes (4°N, 0°, 8°S, 16°S, 24°S e 32°S). Uma latitude de quatro graus norte e cinco latitudes de oito em oito graus sul, cobrindo todo o território brasileiro.

A fim de examinar a adequação dos protetores contidos no projeto padrão para as fachadas A, B e D, as máscaras de sombra apresentadas na figura 37 foram sobrepostas às cartas solares, contendo a projeção das trajetórias solares nas seis diferentes latitudes (4°N, 0°, 8°S, 16°S, 24°S e 32°S) e oito orientações (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste), totalizando 144 cartas solares (apresentadas no APÊNDICE). A construção das cartas solares foi realizada com o auxílio do programa Analysis SOL-AR (LABEEE, 2005).

Para a análise da insolação das fachadas A, B e D, considerou-se que as proteções solares existentes nas fachadas deveriam sombreá-las no período de insolação de 7h às 17h, como mostra a figura 38, levando em conta o horário de funcionamento das escolas e o período de incidência solar. Além disso, considerou-se que a insolação antes e após o período de 7h às 17h pode ser tolerada ou inexistente, como ocorre no período noturno.

Figura 38 – Carta solar com indicação do período de insolação de 7h às 17h.

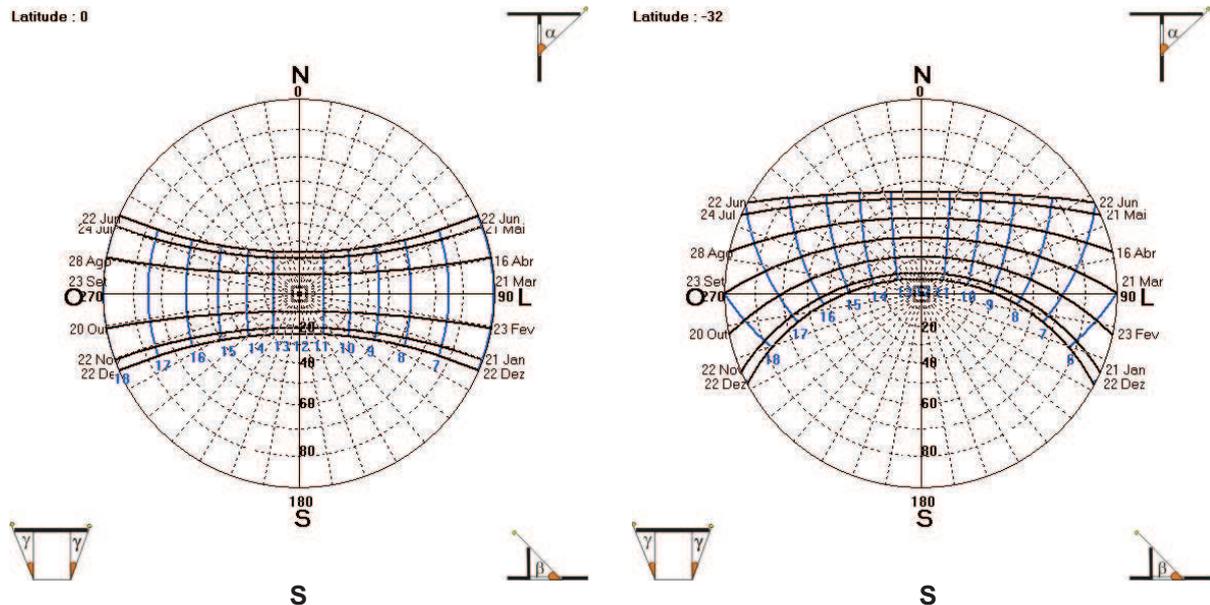


Fonte: Adaptado do programa Analysis SOL-AR. LABEEE, 2005.

Com base no intervalo de insolação de 7h às 17h, foram propostas novas proteções solares para os casos de inadequação (por excesso ou insuficiência) da obstrução solar proposta pelo PPET-MEC. A possibilidade da incidência direta de raios solares, através das janelas, foi considerada como indesejável quando ultrapassar o período de dez minutos. O ofuscamento produzido pela incidência de radiação solar direta no interior de salas de aula é indesejável em qualquer localidade e época do ano. Em regiões de clima quente, além do risco de ofuscamento, a incidência direta de sol causa desconforto térmico.

De maneira geral, observa-se que na carta solar, correspondente à latitude de 0° , a insolação das fachadas voltadas para Norte e Sul é idêntica. Na carta solar correspondente à latitude de 32°S , no entanto, verifica-se que a fachada norte recebe uma parcela de radiação solar bem maior em comparação com o que ocorre na fachada sul. As cartas apresentadas na figura 39 informam que nas localidades com latitude de 0° , as proteções solares das fachadas Norte e Sul podem ser iguais, uma vez que essas são simétricas em relação ao eixo dos equinócios.

Figura 39 – Diagramas solares para as latitudes de 0° e 32°S.



Fonte: Analysis SOL-AR. LABEEE, 2005.

No caso das regiões com latitudes próximas de 32°S, a fachada sul demanda pequenas proteções solares, enquanto a fachada norte requer uma máscara de sombra bem mais restritiva.

Na análise de insolação, as máscaras de sombras existentes foram avaliadas como adequadas, excessivas ou insuficientes, conforme a quantidade de proteção solar que proporcionam às fachadas (quadro 8).

Quadro 8 – Critérios de avaliação das máscaras de sombras.

Proteção solar		Descrição
1	Adequada	Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.
2	Excessiva	Obstrução solar excessiva com perda de luz natural.
3	Insuficiente	Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento.

Fonte: A autora, 2016.

3.2.2 Análise da ventilação natural: Simulações computacionais

A análise da ventilação natural também é importante para o bom desempenho da escola padrão, porque o vento disponível pode ser utilizado para a promoção do conforto térmico nos ambientes e para a redução do consumo de energia elétrica para resfriamento.

Neste item descreve-se o procedimento metodológico utilizado para a análise da ventilação natural no bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC. Essa análise será realizada com o auxílio de simulações computacionais, utilizando-

se o programa de CFD (Dinâmica dos Fluidos Computacional), PHOENICS (CHAM, 2014). Em primeiro lugar, apresenta-se o *software* de simulação e as configurações necessárias para a utilização do programa. Em seguida, são apresentados os modelos computacionais e suas configurações, que introduzem as variáveis examinadas e os parâmetros de avaliação utilizados.

3.2.2.1 Parâmetros de simulação do programa PHOENICS

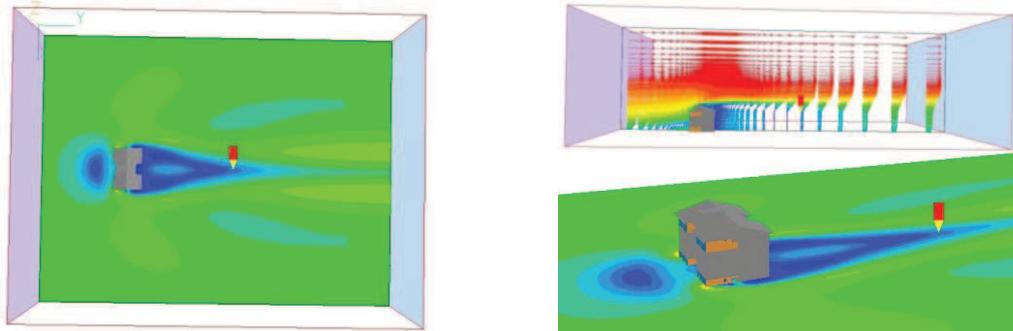
O *software* intitulado PHOENICS (CHAM, 2014) baseia-se na Mecânica Computacional dos Fluidos, “um ramo da mecânica dos fluidos que usa métodos numéricos e algoritmos para resolver e analisar problemas que envolvem escoamento de fluidos” (SAFE, 2012).

O programa PHOENICS (CHAM, 2014) é uma ferramenta utilizada em estudos aerodinâmicos, análise de eficiência de equipamentos, climatização e, inclusive, de problemas relacionados à ventilação natural (SAFE, 2012).

O processo de simulação inclui três etapas: a configuração e construção dos modelos de simulação; a realização dos cálculos e a visualização dos resultados.

Os resultados obtidos no PHOENICS (CHAM, 2014) podem ser visualizados de diferentes formas. Por exemplo, em campos de cores ou vetores (figura 40) representando a direção e intensidade do fluxo do vento.

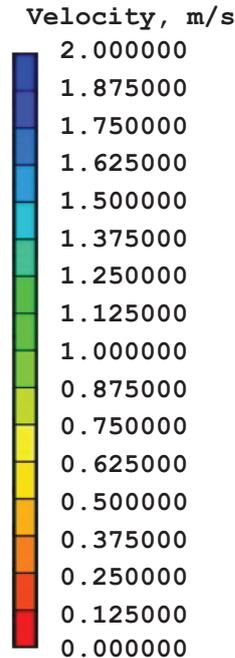
Figura 40 – Campos de cores e vetores de velocidade do vento.



Fonte: A autora, 2016.

Em conjunto com os resultados, o programa exibe uma escala de cores com velocidades do vento, ou pressões, em que cada cor corresponde a um valor, como mostra o exemplo da figura 41.

Figura 41 – Escala de velocidades.



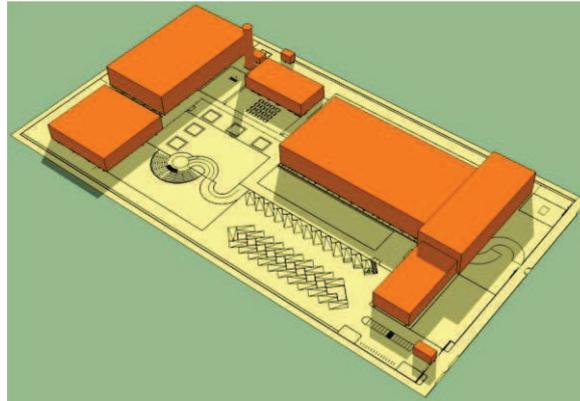
Fonte: CHAM, 2014.

Na construção dos modelos, determina-se inicialmente um domínio, espaço que define a região onde o modelo é simulado. O domínio deve ser proporcional às dimensões do modelo avaliado, permitindo o livre escoamento do vento sem interferências nos campos de pressão gerados na simulação.

A magnitude da diferença de pressão entre as fachadas indica um maior ou menor potencial de ventilação cruzada através da edificação examinada. Com isso, a análise das pressões externas é útil para a identificação das orientações que favorecem uma distribuição mais uniforme do fluxo de vento no complexo edificado, e também para identificar as possibilidades de melhor aproveitamento do escoamento do vento no interior da edificação (LAMENHA; BATISTA; BITTENCOURT, 2014).

Na análise das pressões externas, todos os blocos que compõem o PPET-MEC foram inseridos no domínio, considerando as janelas fechadas. Nesse caso, o modelo base é composto por blocos maciços, conforme mostra a figura 42.

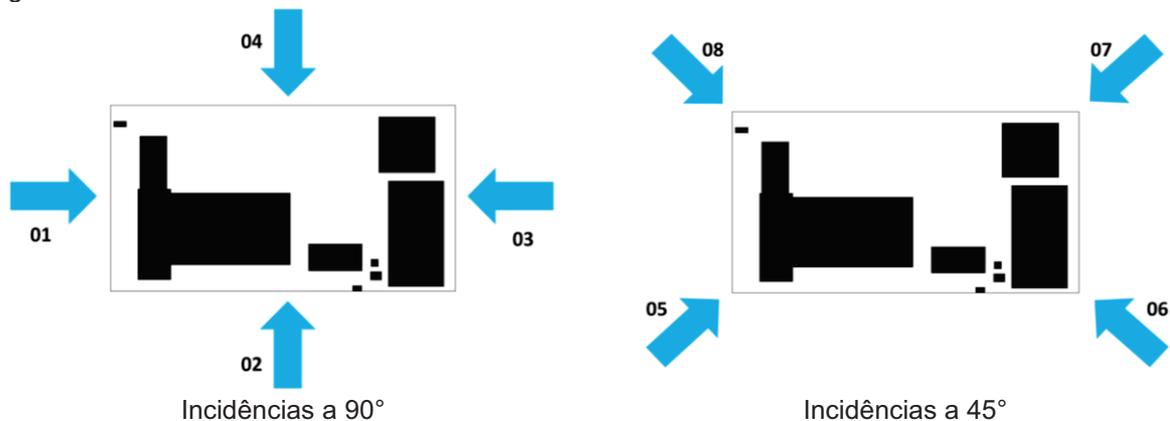
Figura 42 – Modelo base, blocos do PPET-MEC.



Fonte: A autora, 2016.

Como é sabido, as pressões exercidas na envoltória de um edifício variam com o ângulo de incidência do vento em relação a essa edificação. A figura 43 mostra as oito incidências de vento examinadas, sendo 4 incidências perpendiculares às fachadas (a 90°) e 4 incidências oblíquas às fachadas (a 45°). Para cada uma das oito incidências de vento foi criado um modelo tridimensional para simulação com base no PPET-MEC.

Figura 43 – Incidências de vento analisadas.



Fonte: A autora, 2016.

Para a determinação da velocidade do vento a ser utilizada na análise das pressões externas, foi selecionada uma amostra de oito cidades de diferentes regiões climáticas brasileiras (quadro 9) com seus respectivos valores de velocidades médias anuais de vento, coletados nos arquivos climáticos TRY (RORIZ, 2012). Ainda que a NBR 15220 (ABNT, 2005) apresente oito zonas bioclimáticas para o Brasil, existem cidades com climas diferenciados na mesma zona bioclimática, como por exemplo, Maceió, Manaus e Rio de Janeiro, todas localizadas na Zona Bioclimática 8.

Quadro 9 – Cidades examinadas e velocidades médias do vento observadas.

Cidade/Zona Bioclimática	Velocidade média anual
Brasília – DF/ZB 4	2,45
Campo grande – MS/ZB 6	3,45
Curitiba – PR/ZB 1	2,18
Florianópolis – SC/ZB 3	2,43
Maceió – AL/ZB 8	2,73
Manaus – AM/ZB 8	1,40
Petrolina – PE/ZB 7	3,08
Rio de Janeiro – RJ/ZB 8	1,35
Velocidade média do vento adotada	2,45

Fonte: A autora, 2016.

Observou-se uma semelhança entre os dados de quatro cidades, calculando-se um valor médio de velocidade do vento de 2,45 m/s.

Como as velocidades do vento são medidas nas estações meteorológicas a 10 m de altura, o valor médio de velocidade do vento de 2,45 m/s foi corrigido conforme o gradiente da velocidade de vento e os coeficientes de rugosidade do terreno. Para tal, utilizou-se a equação 01, apresentada anteriormente no referencial teórico, para alturas correspondentes ao centro geométrico do plano das janelas, sendo 1,50 m no pavimento térreo e 5,40 m no 1º pavimento.

Na correção das velocidades do vento, foram utilizados os coeficientes de rugosidade para área suburbana (quadro 10) local mais provável para implantação da edificação, considerando que as áreas suburbanas, comparadas aos centros de cidades, possuem mais terrenos livres para implantação do PPET-MEC.

Quadro 10 – Coeficientes de rugosidade do terreno adotados.

Coeficiente do terreno	k	a
Área aberta plana	0,68	0,17
Campo com obstáculos esparsos	0,52	0,20
Área suburbana	0,35	0,25
Centro de cidade	0,21	0,33

Fonte: JACKMAN apud BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2008.

Após a simulação dos modelos descritos, foi feita a análise comparativa das pressões externas aos blocos da edificação estudada, conforme os ventos incidentes. Foram identificadas as regiões com maiores diferenças de pressão, o que indica a possibilidade de maior movimentação de ar. Tais informações permitem identificar quais as melhores condições para o posicionamento de aberturas localizadas a barlavento ou sotavento.

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação das condições de insolação

A análise completa da insolação das fachadas A, B e D do bloco pedagógico/administrativo existentes no PPET-MEC (2011) encontra-se nos quadros 25 a 42, APÊNDICE.

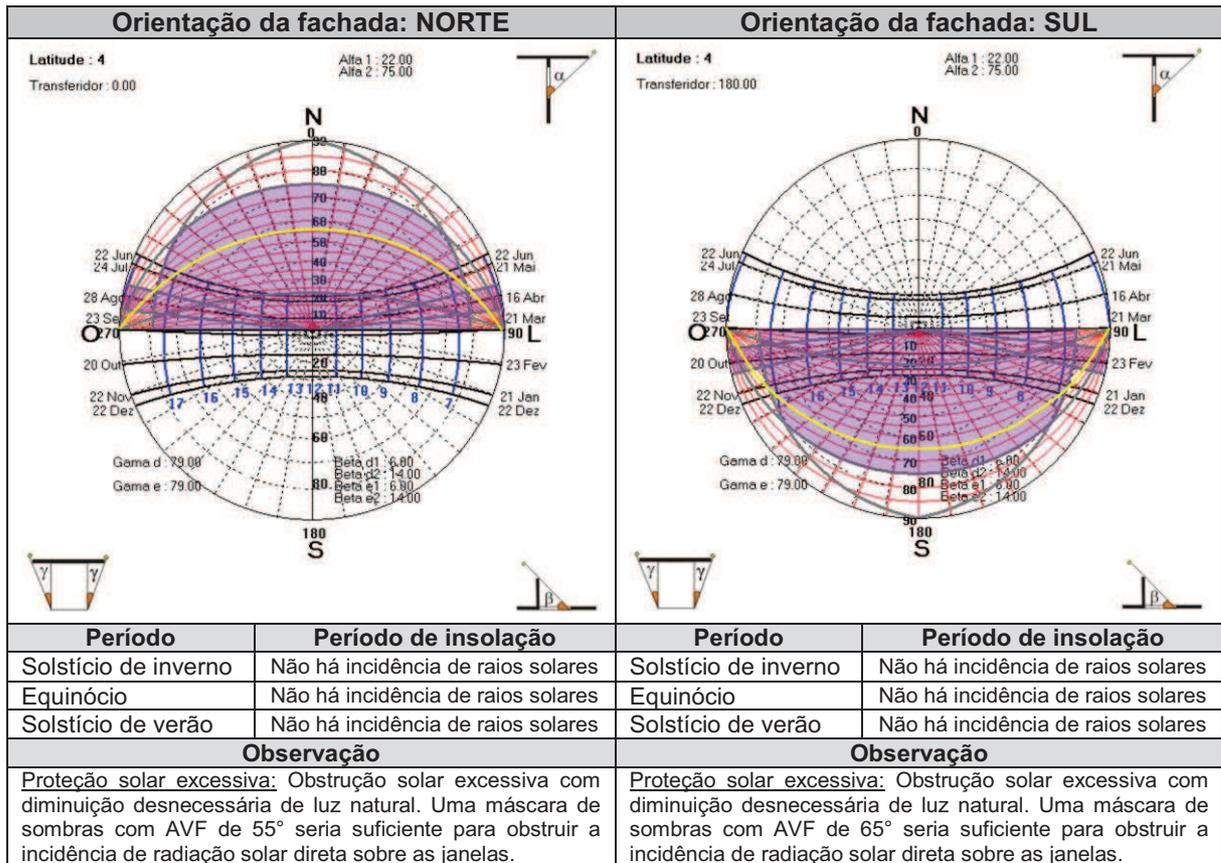
Os resultados incluem 144 cartas solares de seis diferentes latitudes (0°, 4°N, 8°S, 16°S, 24°S e 32°S) e oito orientações (Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste) considerando os períodos de insolação no solstício de inverno, equinócio e solstício de verão. Nos casos de inadequação das máscaras de sombras, são apresentadas propostas para novas proteções solares.

A linha amarela nas cartas solares indica a proposta dos ângulos verticais de sombreamento adequados a cada orientação.

Na análise da insolação da fachada A, para as latitudes de 0° e 4°N, as proteções solares apresentaram uma máscara de sombra excessiva, quando a fachada se encontra voltada para as orientações Norte e Sul (quadro 11).

Quadro 11 – Insolação da fachada A orientada a Norte e Sul, nas latitudes de 0° e 4°N.

Latitude: 0° Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: SUL	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 60° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 60° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 4°N		Latitude: 4°N	



Fonte: A autora, 2016.

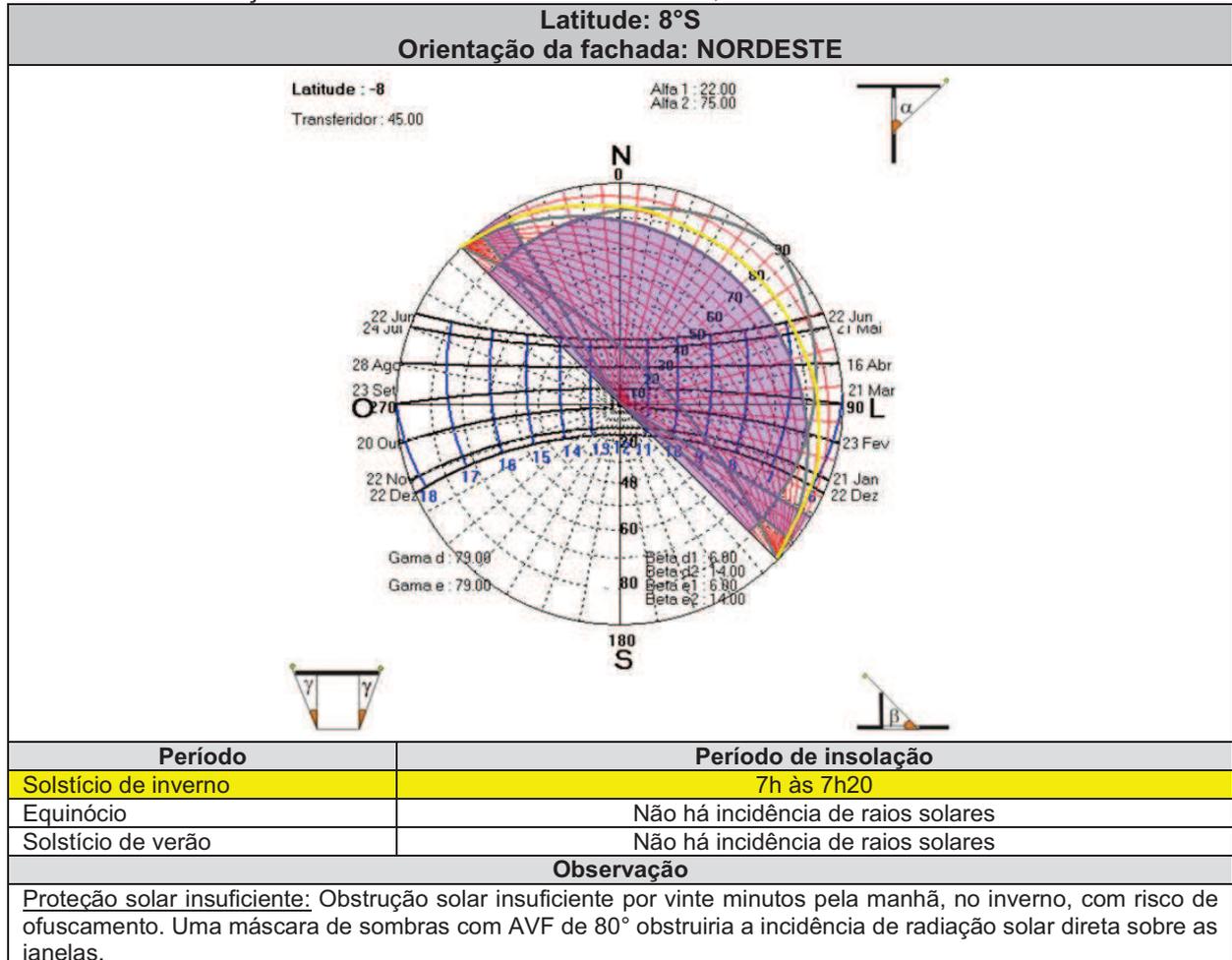
É possível solucionar esse problema do sombreamento excessivo, diminuindo o AVF dos brises horizontais projetados para a escola padrão. Esse AVF menor pode ser obtido com a redução do comprimento das aletas, ou aumentando o afastamento entre essas, o que implica em redução na quantidade de material de construção e, por consequência, na redução de custos.

Nas demais orientações, em latitudes de 0° e 4°N, a fachada A apresentou máscaras de sombras adequadas, com proteção solar suficiente.

Para a latitude de 8°S, a fachada A apresenta sombreamento excessivo, quando orientada a Norte, Sudeste, Sul e Sudoeste. Quando orientada a Nordeste, Leste, Oeste e Noroeste, a fachada A apresenta proteções solares insuficientes.

Como exemplo, o quadro 12 mostra a carta solar da fachada A orientada a Nordeste em latitude de 8°S, onde no solstício de inverno, a fachada recebe insolação direta de 7h às 7h20, o que pode causar vinte minutos de desconforto térmico e visual, considerando o horário de funcionamento da escola de 7h às 17h. Além disso, localidades com latitudes próximas de 8°S, possuem clima tropical e úmido ou quente e úmido, como por exemplo, Recife com latitude de 8° 03' S e Maceió com latitude de 9° 33' S.

Quadro 12 – Insolação da fachada A orientada a Nordeste, na latitude de 8°S.



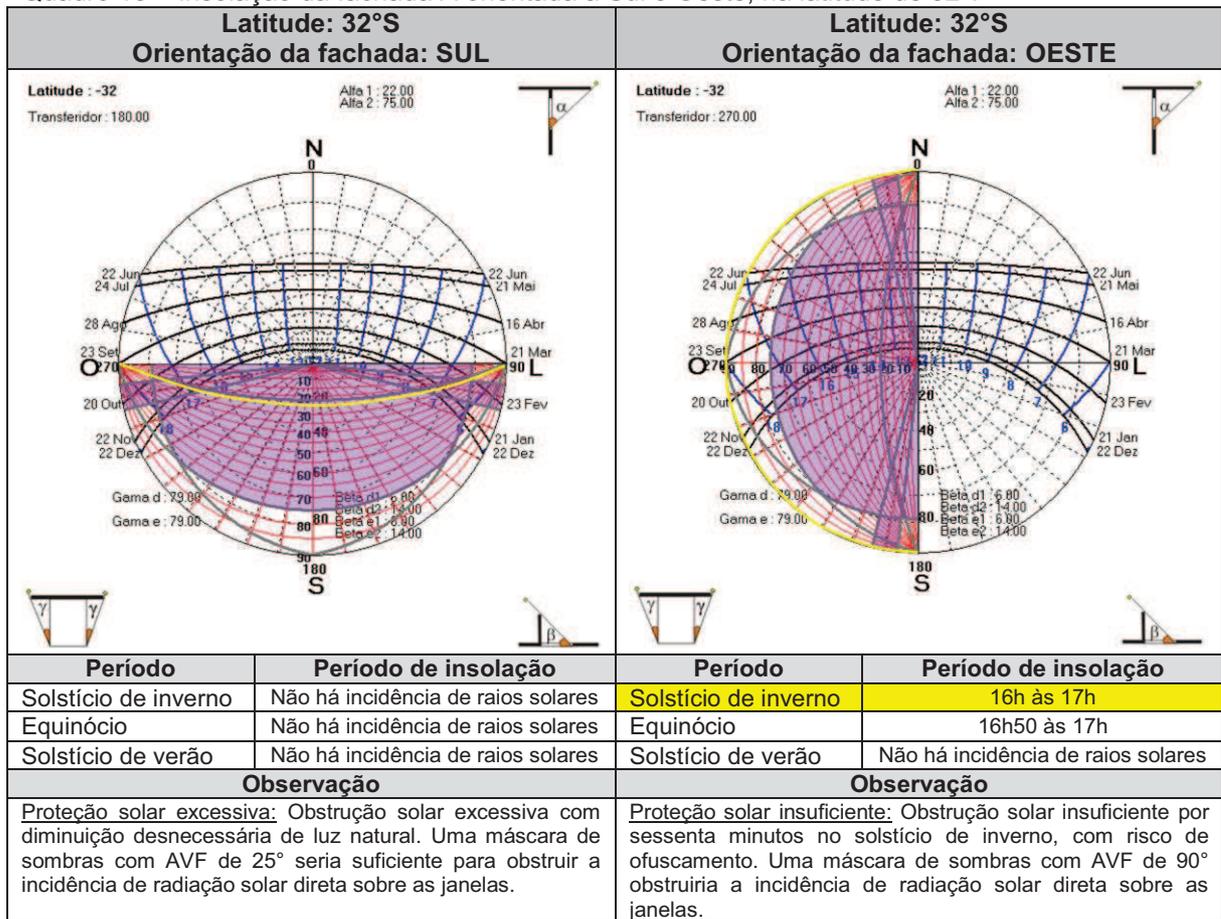
Fonte: A autora, 2016.

Nesse caso, *brises* verticais podem ser mais eficientes do que os *brises* horizontais existentes ou um beiral muito longo. O afastamento entre os *brises* verticais pode ser maior em comparação com os *brises* horizontais do PPET-MEC, permitindo uma maior entrada de iluminação natural indireta.

Para as latitudes de 16°S e 24°S, a fachada A apresenta obstrução solar excessiva, apenas quando orientada a Sul. Para as outras 7 orientações, a máscara de sombras da fachada mostra-se insuficiente.

Na latitude de 32°S, a fachada A apresenta excesso de obstrução solar, quando orientada a sul, e máscaras de sombras com menor grau de eficiência para as outras 7 orientações. O quadro 13 mostra as cartas solares da fachada A, orientada a sul e a oeste na latitude de 32°S. No solstício de inverno, a fachada orientada a oeste recebe insolação direta de 16h às 17h, e no equinócio a fachada recebe insolação por apenas 10 minutos, de 16h50 às 17h.

Quadro 13 – Insolação da fachada A orientada a Sul e Oeste, na latitude de 32°.



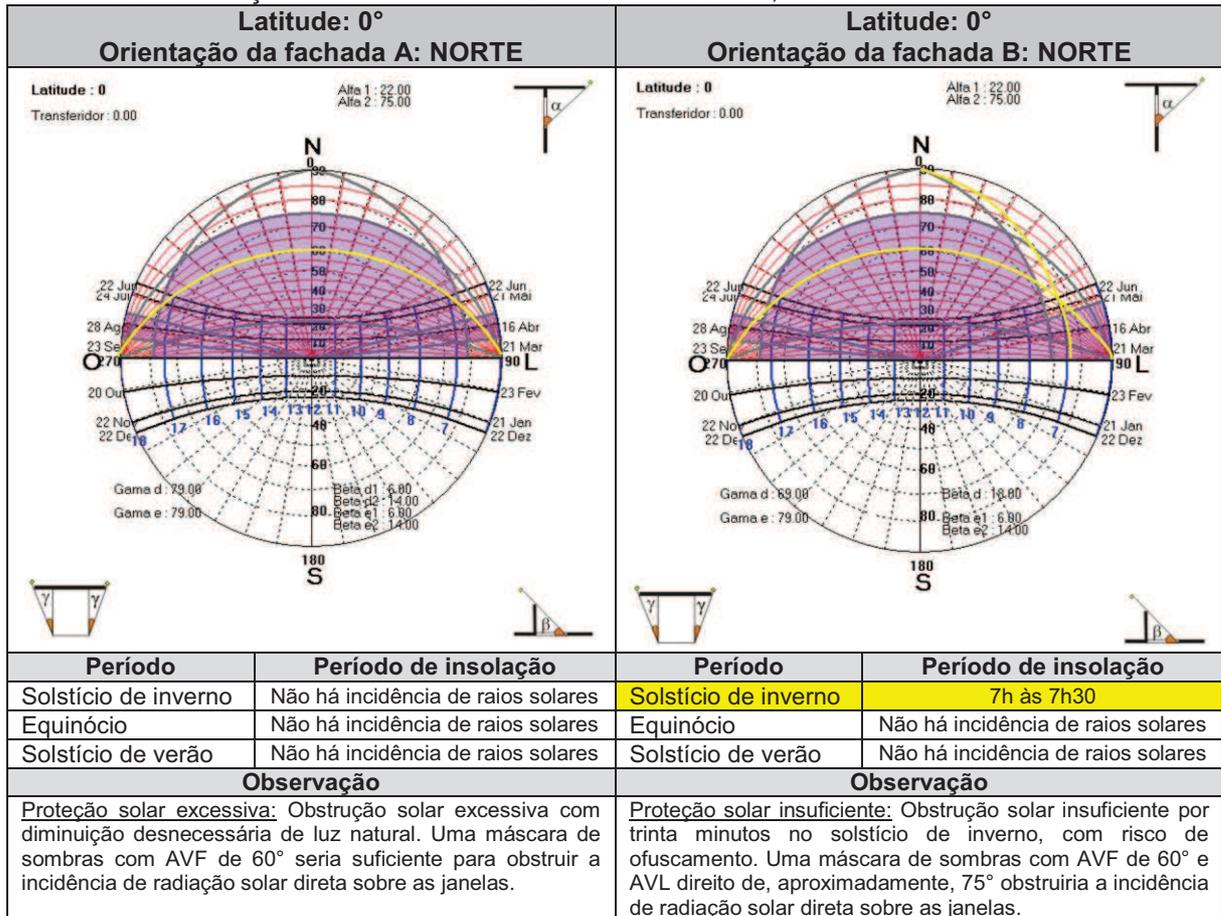
Fonte: A autora, 2016.

Comparando as duas cartas solares anteriores, pode-se observar que apenas a variação da orientação da fachada resulta em efeitos de sombreamento totalmente diferentes. A primeira carta solar apresenta uma máscara de sombras excessiva, onde o pequeno beiral existente na fachada já proporcionaria proteção solar suficiente. Já na segunda carta solar, a mesma máscara de sombras permite a incidência direta de sol por um período de sessenta minutos no solstício de inverno. Nesse caso, os *brises* horizontais poderiam ser substituídos por *brises* verticais.

Quanto à insolação da fachada B, as diferenças entre suas proteções solares e as proteções solares da fachada A, estão no AH direito e no AVL direito. Os AH direitos da fachada A medem 6°, AH direito 1, e 14°, AH direito 2, enquanto que a fachada B possui um AH direito de 18°.

O AVL direito e esquerdo da fachada A medem 79°, mas o AVL direito da fachada B mede 69°. O quadro 14 mostra essas diferenças nas cartas solares das duas fachadas.

Quadro 14 – Insolação das fachadas A e B orientadas a Norte, na latitude de 0°.



Fonte: A autora, 2016.

Nas duas cartas solares das fachadas A e B, orientadas a norte e em latitude 0°, observa-se que uma pequena variação do AVL pode modificar a máscara de sombras da fachada, com impacto negativo no conforto dos usuários. Para os dois casos, pode-se diminuir o AVF dos brises existentes no projeto.

Em a latitude 0°, a fachada B apresenta proteções solares suficientes para as orientações leste, sudeste, oeste e noroeste. Quando orientada a norte e a nordeste, a fachada recebe insolação no período da manhã de 7h às 7h30. Quando orientada a norte, a insolação é durante o solstício de inverno, e a nordeste a insolação é durante o solstício de verão.

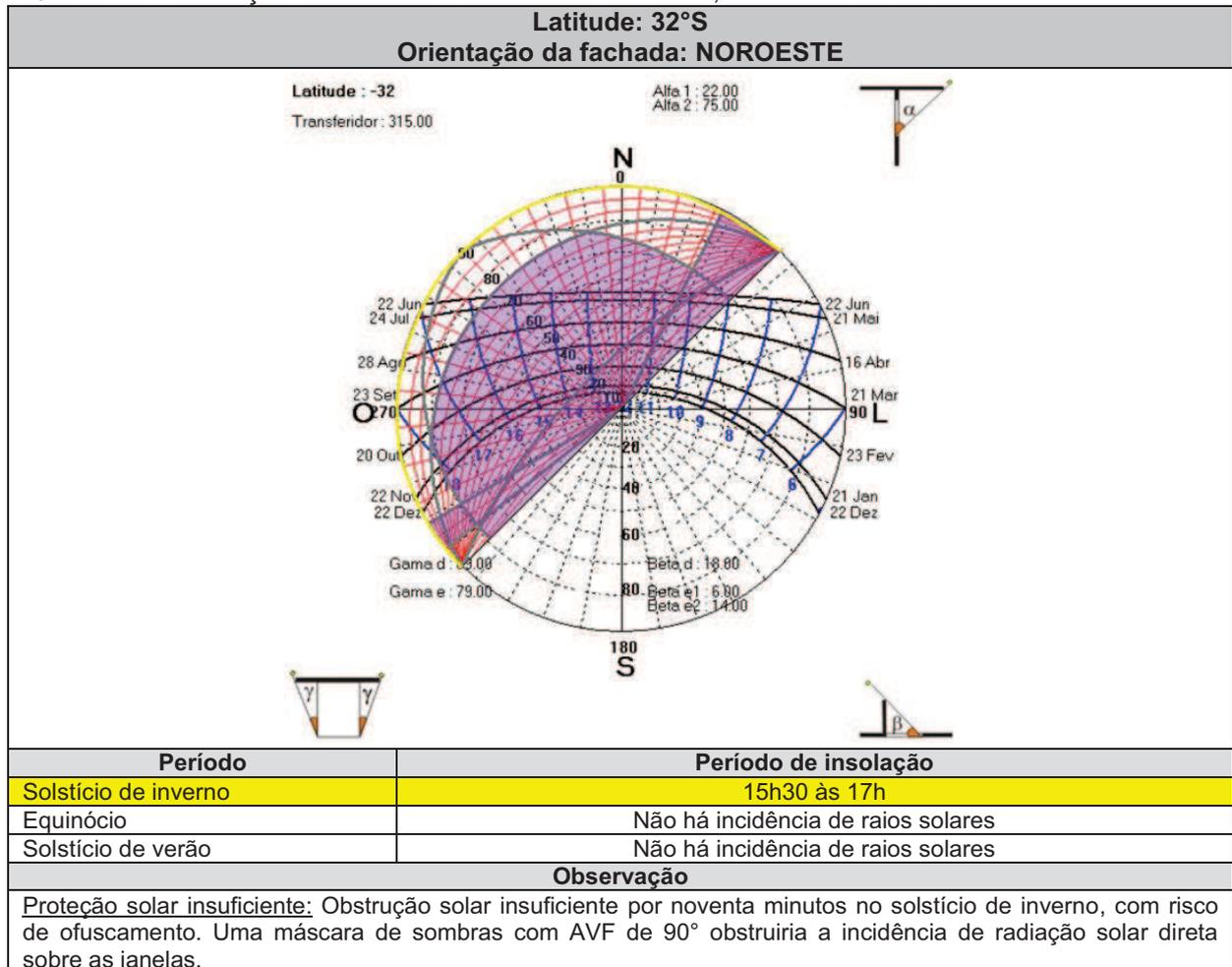
Quando orientada a sul e sudoeste, a fachada recebe insolação no período da tarde de 16h30 às 17h. Quando orientada a sul, a insolação é durante o solstício de verão, e a sudoeste a insolação é durante o solstício de inverno.

A fachada B, na latitude de 4°N, apresenta proteções solares insuficientes para as orientações norte, nordeste, sul e sudoeste.

Na latitude de 8°S, a fachada B apresenta proteções solares suficientes apenas para as orientações sudeste, sul e sudoeste.

A fachada B, nas latitudes de 16°S, 24°S e 32°S, apresenta proteções solares com mascaramento excessivos, quando orientada a sul. Nas outras 7 orientações, as proteções solares são insuficientes. Quando orientada a noroeste, na latitude 32°S, por exemplo, a fachada B recebe insolação durante um longo período da tarde de 15h30 às 17h, no solstício de inverno (quadro 15).

Quadro 15 – Insolação da **fachada B** orientada a Noroeste, na latitude de 32°S.



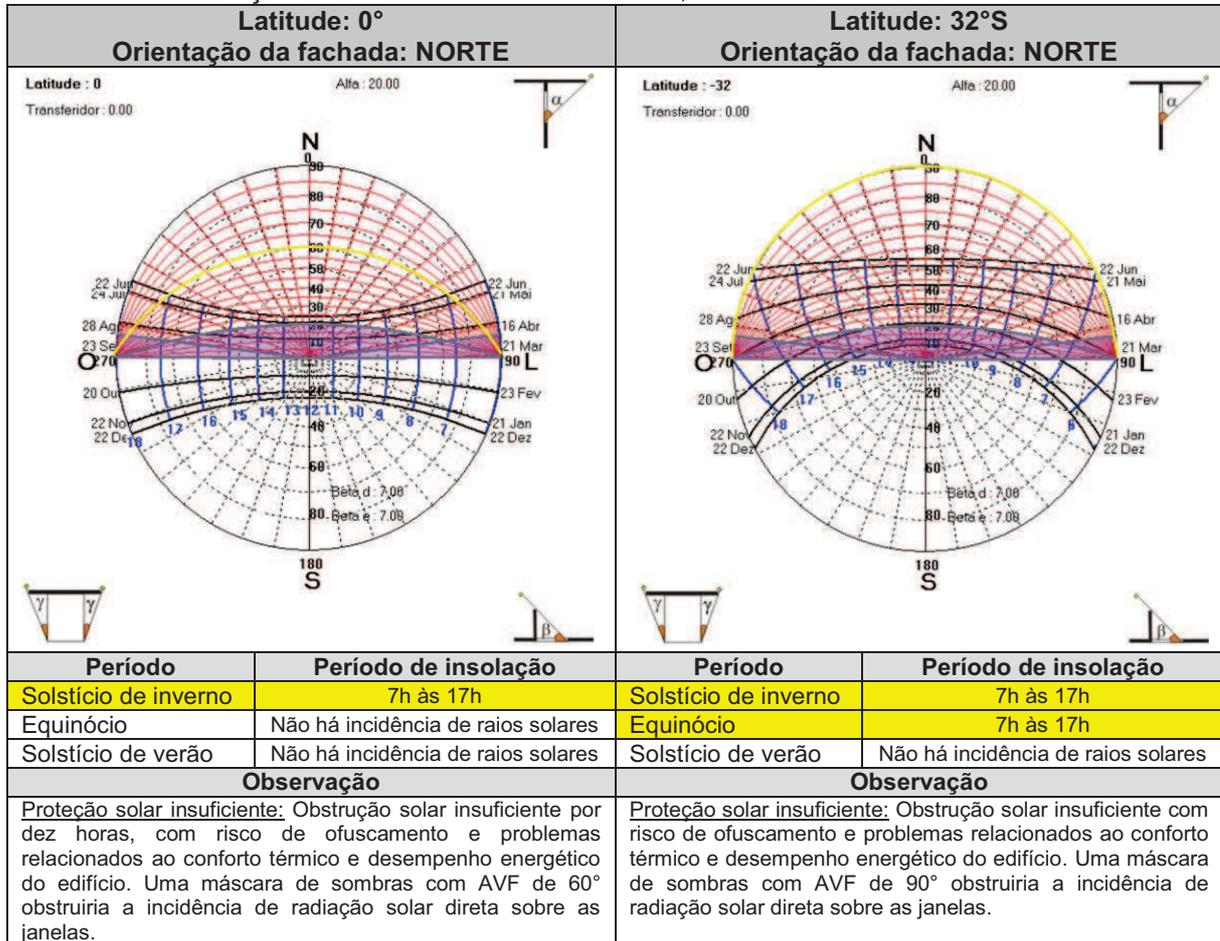
Fonte: A autora, 2016.

Nesse outro caso, os *brises* verticais também seriam mais eficientes do que os *brises* horizontais especificados no projeto da escola padrão.

A análise da insolação da fachada D indica que as proteções solares existentes na fachada, não são suficientes para sombreá-la em nenhuma das latitudes e orientações examinadas. Observa-se a necessidade do uso de proteções solares com ângulos de sombreamento muito maiores do que os ângulos existentes.

Como exemplo, o quadro 16 apresenta as cartas solares para as latitudes de 0° e 32°S.

Quadro 16 – Insolação da fachada D orientada a Norte, na latitudes de 0° e 32°.



Fonte: A autora, 2016.

O risco de ofuscamento nas áreas do quadro ou do plano de trabalho é indesejável em ambientes escolares de quaisquer localidades. Dependendo da localidade e da orientação das fachadas do edifício, as proteções solares existentes podem apresentar-se adequadas, excessivas ou insuficientes, necessitando de soluções arquitetônicas simples para a sua adequação.

Os quadros 17 a 19 trazem as sínteses dos resultados da análise de insolação das Fachadas A, B e D, onde a avaliação aparece dividida por cores (adequada na cor verde, excessiva em vermelho e insuficiente em amarelo).

Quadro 17 – Síntese dos resultados de insolação da **Fachada A**

Latitude	Orientação	Avaliação das proteções solares	Ângulos de sombreamento desejados				
			AVF	AH D	AH E	AVL D	AVL E
0°	N	Excessiva	60°	*	*	*	*
	NE	Adequada	*	*	*	*	*
	L	Adequada	*	*	*	*	*
	SE	Adequada	*	*	*	*	*
	S	Excessiva	60°	*	*	*	*
	SO	Adequada	*	*	*	*	*
	O	Adequada	*	*	*	*	*
	NO	Adequada	*	*	*	*	*
4°N	N	Excessiva	55°	*	*	*	*
	NE	Adequada	*	*	*	*	*
	L	Adequada	*	*	*	*	*
	SE	Adequada	*	*	*	*	*
	S	Excessiva	65°	*	*	*	*
	SO	Adequada	*	*	*	*	*
	O	Adequada	*	*	*	*	*
	NO	Adequada	*	*	*	*	*
8°S	N	Excessiva	70°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	SE	Excessiva	70°	*	*	*	*
	S	Excessiva	50°	*	*	*	*
	SO	Excessiva	70°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	80°	*	*	*	*
16°S	N	Insuficiente	*	*	*	85°	85°
	NE	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	*	*	*	*	85°
	S	Excessiva	45°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	*	*	*	85°	*
	O	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	85°	*	*	*	*
24°S	N	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	S	Excessiva	35°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	*	*	*	85°	*
	O	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	85°	*	*	*	*
32°S	N	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	S	Excessiva	25°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	90°	*	*	*	*

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 18 – Síntese dos resultados de insolação da **Fachada B**

Latitude	Orientação	Avaliação das proteções solares	Ângulos de sombreamento desejados				
			AVF	AH D	AH E	AVL D	AVL E
0°	N	Insuficiente	60°	*	*	75°	*
	NE	Insuficiente	*	*	*	75°	*
	L	Adequada	*	*	*	*	*
	SE	Adequada	*	*	*	*	*
	S	Insuficiente	60°	*	*	75°	*
	SO	Insuficiente	*	*	*	75°	*
	O	Adequada	*	*	*	*	*
4°N	NO	Adequada	*	*	*	*	*
	N	Insuficiente	*	*	*	75°	*
	NE	Insuficiente	*	*	*	80°	*
	L	Adequada	*	*	*	*	*
	SE	Adequada	*	*	*	*	*
	S	Insuficiente	*	*	*	80°	*
	SO	Insuficiente	*	*	*	75°	*
8°S	O	Adequada	*	*	*	*	*
	NO	Adequada	*	*	*	*	*
	N	Insuficiente	*	*	*	80°	*
	NE	Insuficiente	80°	*	*	75°	*
	L	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	SE	Adequada	*	*	*	*	*
	S	Insuficiente	50°	*	*	75°	*
16°S	SO	Insuficiente	*	*	*	80°	*
	O	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	N	Insuficiente	*	*	*	*	85°
	NE	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	*	*	*	*	85°
24°S	S	Insuficiente	45°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	*	*	*	85°	*
	O	Insuficiente	85°	*	*	75°	*
	NO	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	N	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	*	*	*	85°	*
	L	Insuficiente	35°	*	*	*	*
32°S	SE	Insuficiente	*	*	*	85°	*
	S	Excessiva	85°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	N	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	90°	*	*	*	*
32°S	L	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	S	Excessiva	25°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	90°	*	*	*	*

Fonte: A autora, 2016.

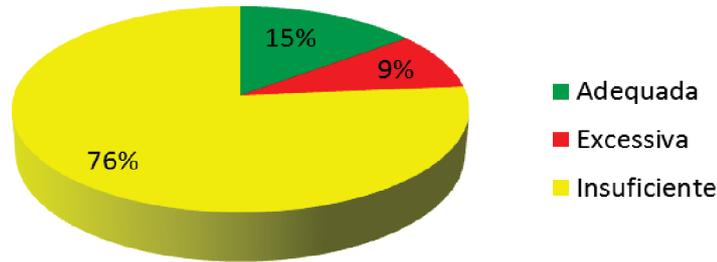
Quadro 19 – Síntese dos resultados de insolação da **Fachada D**

Latitude	Orientação	Avaliação das proteções solares	Ângulos de sombreamento desejados				
			AVF	AH D	AH E	AVL D	AVL E
0°	N	Insuficiente	60°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	S	Insuficiente	60°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	75°	*	*	*	*
4°N	N	Insuficiente	55°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	S	Insuficiente	65°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	75°	*	*	*	*
8°S	N	Insuficiente	70°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	S	Insuficiente	50°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	70°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	80°	*	*	*	*
16°S	N	Insuficiente	75°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	70°	*	*	*	*
	S	Insuficiente	45°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	70°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	85°	*	*	*	*
24°S	N	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	S	Insuficiente	35°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	80°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	85°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	85°	*	*	*	*
32°S	N	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	NE	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	L	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	SE	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	S	Insuficiente	25°	*	*	*	*
	SO	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	O	Insuficiente	90°	*	*	*	*
	NO	Insuficiente	90°	*	*	*	*

Fonte: A autora, 2016.

O gráfico 3 mostra que apenas 15% das proteções solares avaliadas, considerando as seis latitudes e as oito orientações relativas à insolação, apresentaram um sombreamento adequado das aberturas: 9% apresentaram um sombreamento excessivo, e 76% proporcionaram sombreamento insuficiente.

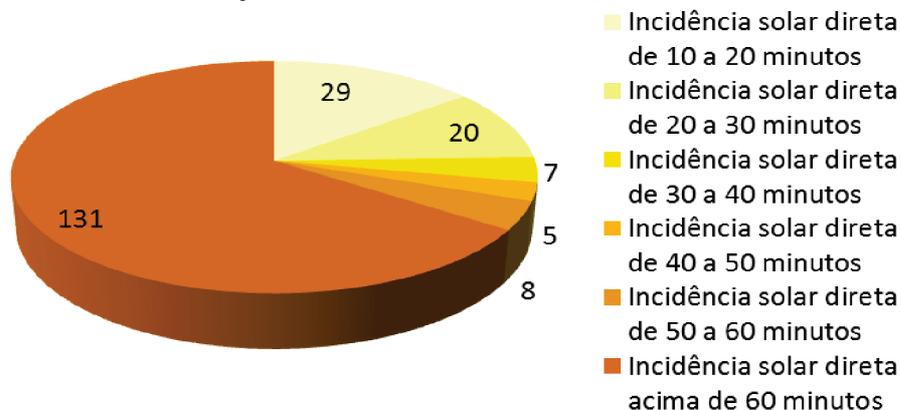
Gráfico 3 – Avaliação das proteções solares.



Fonte: A autora, 2016.

Nos casos em que as proteções solares proporcionaram sombreamento insuficiente das aberturas, observou-se ocorrências de radiação solar direta com risco de ofuscamento, durante períodos que variam de dez minutos a dez horas. O gráfico 4 traz as 200 ocorrências observadas de radiação solar direta nas aberturas das fachadas A, B e D, e os períodos em minutos dessas incidências solares; considerando as seis latitudes, as oito orientações e três períodos do ano (solstício de inverno, equinócio e solstício de verão).

Gráfico 4 – Ocorrências de radiação solar direta.



Fonte: A autora, 2016.

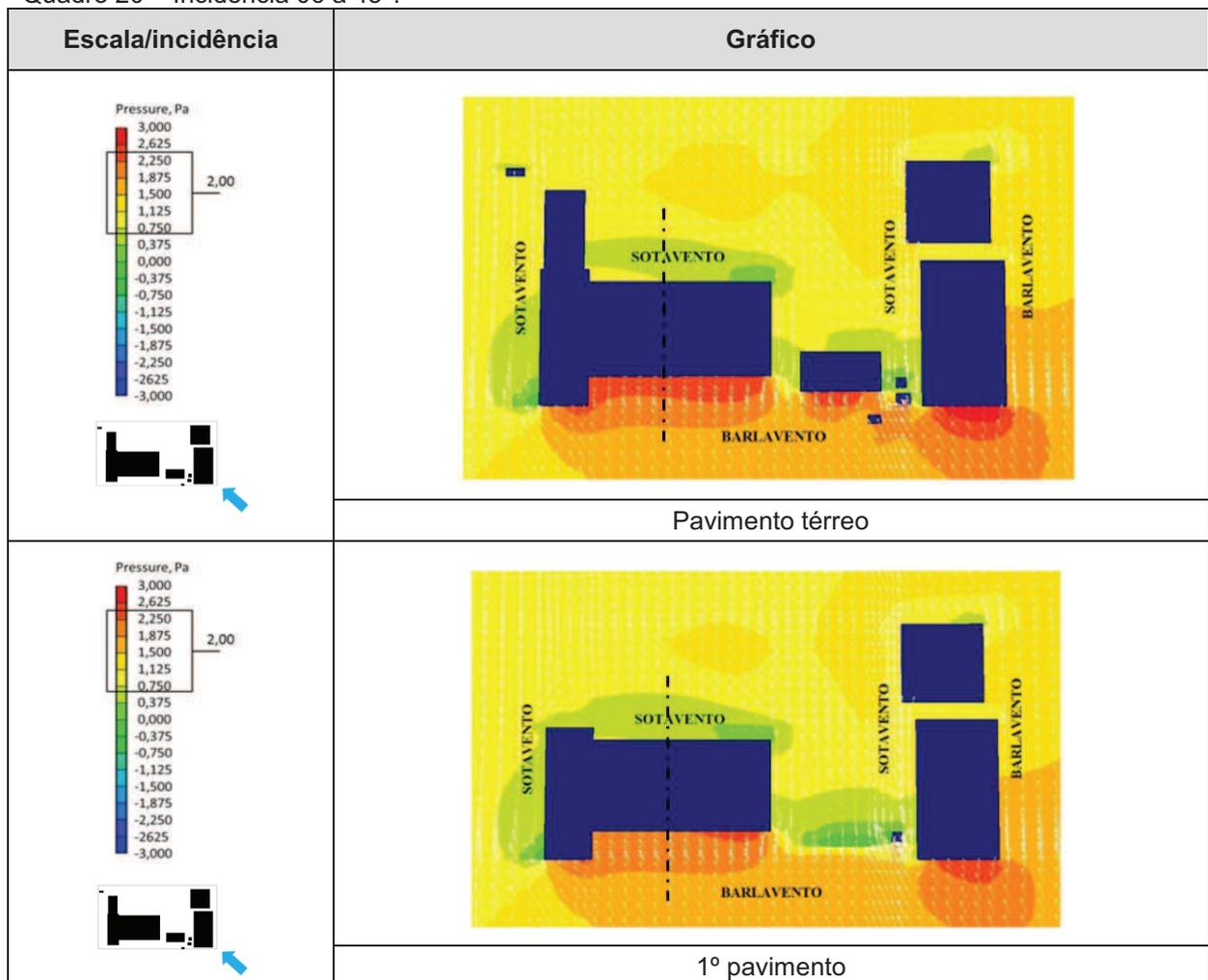
4.2 Exposição à ventilação natural

Nos gráficos das pressões externas, exercidas pelo vento no PPET-MEC, foi possível observar variações significativas da distribuição das pressões em torno da edificação, dependendo do ângulo de incidência do vento simulado.

Ao lado dos gráficos de campos de cores observa-se a escala de pressões obtida nas simulações, onde os valores estão fixados de -3,00 Pa a 3,00 Pa, e cada cor representa um valor correspondente às diferentes pressões do vento.

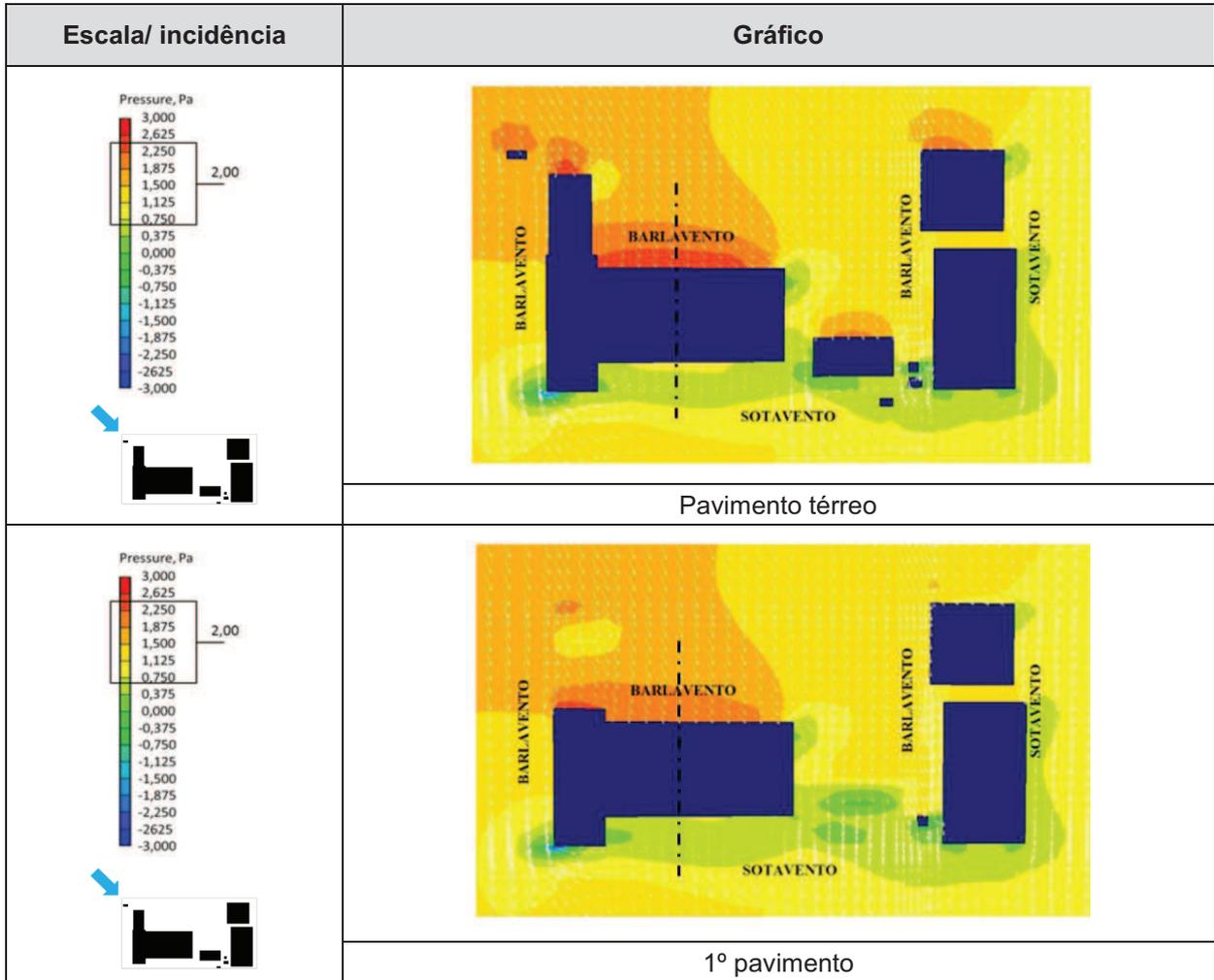
Os resultados indicaram que as duas incidências a 45°, 06 e 08 (vide figura 43) apresentam maior diferença de pressão entre fachadas opostas, o que possibilita uma distribuição mais uniforme do fluxo de vento no complexo edificado (quadros 20 e 21). Nessas duas incidências de vento, a maior parte dos blocos do PPET-MEC apresentou diferenças de pressões entre aberturas localizadas a barlavento e aberturas localizadas a sotavento, possibilitando a ventilação cruzada no interior dos ambientes. Entre as fachadas A e B do bloco pedagógico/administrativo a diferença de pressão é cerca de 2,00 Pa, conforme a escala de pressões apresentada.

Quadro 20 – Incidência 06 a 45°.



Fonte: A autora, 2016.

Quadro 21 – Incidência 08 a 45°.



Fonte: A autora, 2016.

As pressões externas mostraram-se semelhantes, comparando-se o pavimento térreo e o 1º pavimento, nas oito incidências de vento. As cores amarelo, laranja e vermelho indicam pressões maiores (barlavento), enquanto que as cores verde e azul, mostram pressões mais baixas (sotavento).

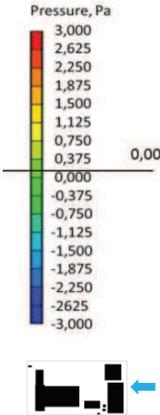
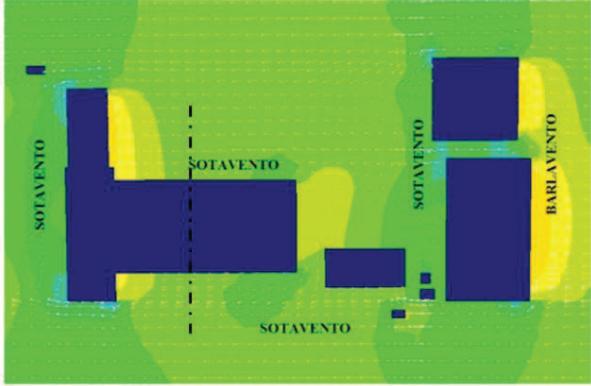
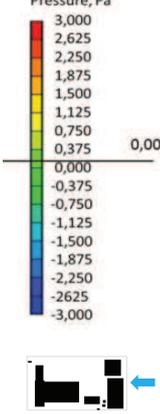
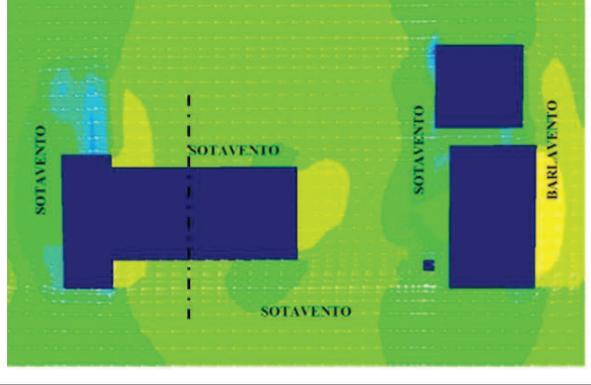
No bloco pedagógico/administrativo, onde está concentrada a maior parte dos ambientes de ensino (vide figuras 24 a 27), as aberturas localizam-se nas fachadas mais extensas, posição ideal para permitir a entrada da ventilação por meio das diferenças de pressão, observadas nas incidências 06 (quadro 20) e 08 (quadro 21).

A disposição dos blocos no terreno, em forma de U, também contribui para o bom desempenho do edifício, quanto ao aproveitamento da ventilação natural, sob incidências a 45°.

As demais incidências do vento analisadas, principalmente a 90° (incidências 01 a 04), apresentaram diferenças de pressão menores do que as incidências 06 e 08. A incidência do vento 03 (quadro 22) apresentou as menores diferenças de pressão entre as fachadas da edificação. Nas partes da edificação paralelas à direção do vento, a possibilidade de movimentação do ar interno foi reduzida, apresentando pressões semelhantes em fachadas opostas.

Conforme a escala de pressões apresentada, não há diferença de pressão no centro das fachadas A e B do bloco pedagógico/administrativo.

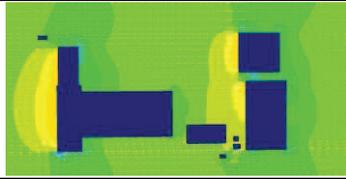
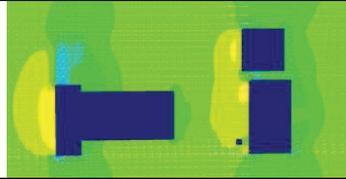
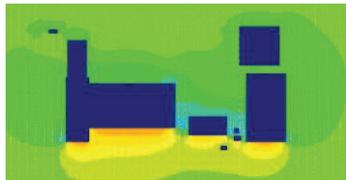
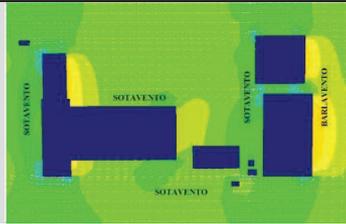
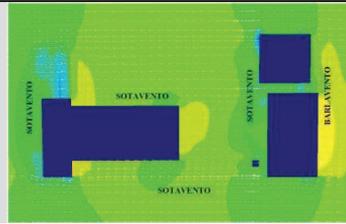
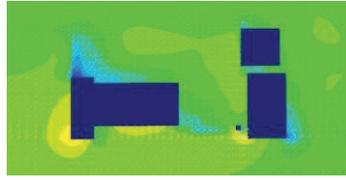
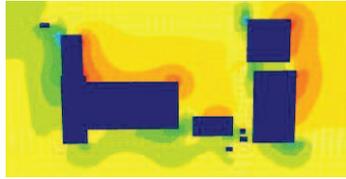
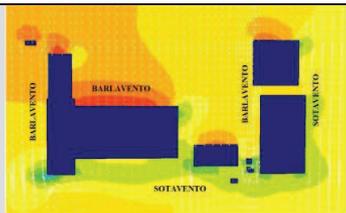
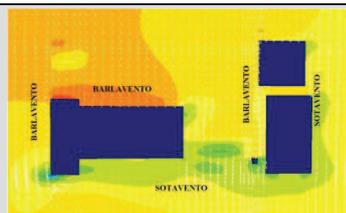
Quadro 22 – Incidência 03 a 90°.

Escala/incidência	Gráfico
	 <p data-bbox="908 1234 1115 1267" style="text-align: center;">Pavimento térreo</p>
	 <p data-bbox="935 1682 1088 1715" style="text-align: center;">1º pavimento</p>

Fonte: A autora, 2016.

O quadro 23 apresenta em síntese os resultados obtidos no estudo, em que as diferenças de pressões observadas indicaram a orientação 03 como a que apresentou as menores diferenças de pressão em torno da edificação, e as orientações 06 e 08 como as que apresentaram as maiores diferenças de pressão em torno da edificação.

Quadro 23 – Gráficos de pressões externas do PPET-MEC.

Orientação/incidência	Gráficos	
	Pavimento térreo	1º pavimento
01/90° 		
02/90° 		
03/90° 		
04/90° 		
05/45° 		
06/45° 		
07/45° 		
08/90° 		

Fonte: A autora, 2016.

Dentre as oito incidências analisadas, foi possível observar variações significativas da distribuição das pressões em torno da edificação.

É possível que o PPET-MEC apresente melhor desempenho quanto à ventilação natural, quando implantado de maneira que os ventos dominantes incidam à 45°, conforme as orientações 06 e 08 (quadros 20 e 21) desta análise, em que a diferença de pressões apresentam o maior potencial para a ventilação interna dos ambientes.

A avaliação das pressões externas é útil como análise preliminar, que pode ser feita durante a elaboração do projeto, descartando soluções que não representem um bom potencial de ventilação natural, e indicando melhores localizações para as aberturas nas fachadas. Destaca-se a importância da orientação do PPET-MEC em relação aos ventos dominantes.

4.3 Recomendações

Com base nas características do PPET-MEC, e conhecendo o desempenho do PPET-MEC em relação à ventilação natural e à insolação, é possível fazer recomendações para implantação da escola padrão.

Quanto à ventilação natural, sabe-se que é recomendável para sete zonas bioclimáticas brasileiras. Sugere-se então que o projeto seja implantado de forma a obter maiores diferenças de pressão entre as aberturas de entrada e saída do vento, como as orientações 06 e 08 do quadro 23, e favorecendo, portanto, uma maior velocidade do ar no interior dos ambientes. Nos casos em que o vento seja excessivo, ou desejado apenas no período de verão, é possível controlar a sua entrada, fechando as esquadrias.

Para os climas quentes, o potencial da ventilação natural pode ser melhor aproveitado com a substituição da esquadria basculante pela tipologia pivotante vertical, em que há um ganho em área de abertura efetiva para a ventilação.

Quanto à insolação, recomenda-se em primeiro lugar, a substituição dos *brises* micro perfurados, utilizados nas fachadas A e B do PPET-MEC, por *brises* opacos, porque os *brises* micro perfurados permitem a entrada de radiação solar direta, através das janelas. O que pode causar ofuscamento, resultando em desconforto visual. Além da substituição dos *brises*, recomenda-se o ajuste do ângulo horizontal de proteção solar proporcionado por aqueles, em cada orientação

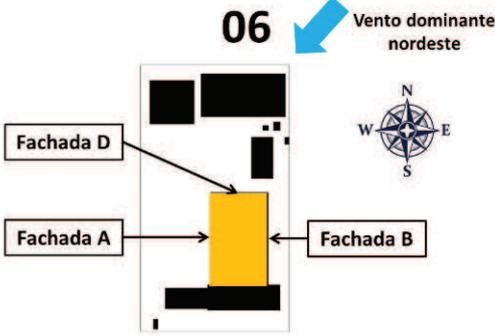
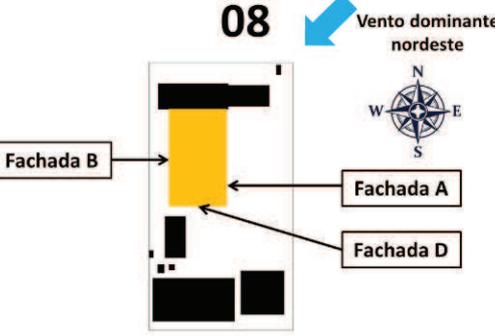
solar em que o PPET-MEC será implantado, evitando que o sombreamento seja excessivo ou insuficiente.

Em determinadas orientações solares, a utilização de *brises* verticais torna-se mais eficiente, em comparação com os *brises* horizontais.

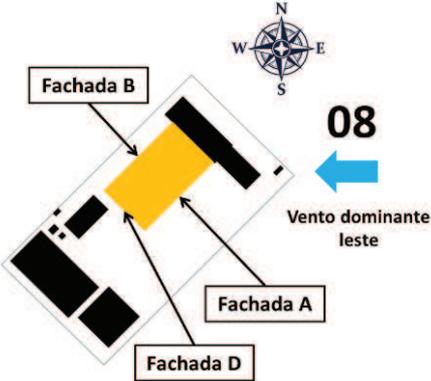
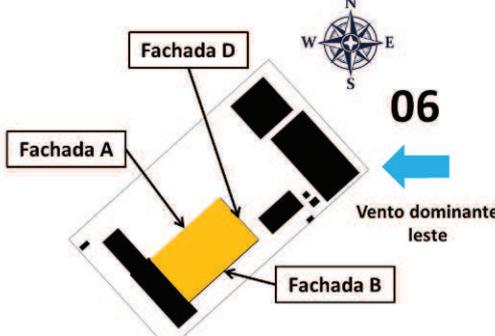
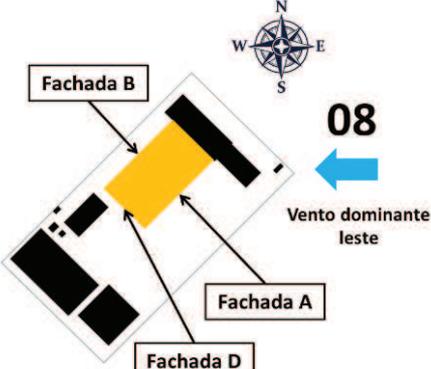
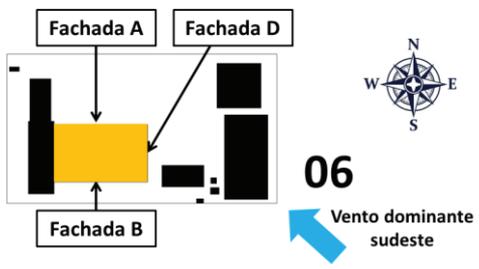
Para definir a melhor orientação solar, recomenda-se verificar em qual das duas orientações, indicadas para a ventilação natural (06 ou 08) as proteções solares das fachadas do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC produzem o sombreamento mais adequado, com a possibilidade de menores ajustes. Assim é possível combinar o melhor conjunto de desempenho quanto à ventilação natural e à insolação.

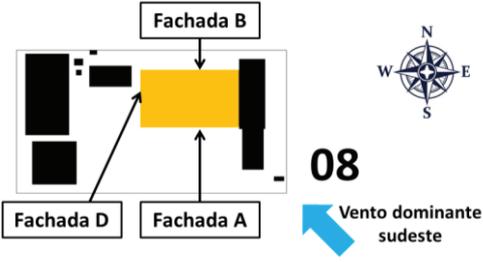
O quadro 24 apresenta as recomendações para implantação da escola padrão em seis localidades brasileiras estudadas.

Quadro 24 – Recomendações para implantação do PPET-MEC em seis localidades brasileiras.

Latitude	Cidade próxima/ Latitude	Orientação recomendada em relação aos ventos dominantes	Sombreamento recomendado
4°N	Boa Vista-RR/ 2° 50' N	<p>06</p>  <p>Vento dominante nordeste</p>	<p>Fachadas A e B: Proteção solar adequada. Nesse caso também podem ser utilizados <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 55°.</p>
		<p>08</p>  <p>Vento dominante nordeste</p>	<p>Fachadas A e B: Proteção solar adequada. Nesse caso também podem ser utilizados <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 65°.</p>

0°	Macapá-AP/ 0° 13' N		<p>Fachadas A e B: Proteção solar adequada. Nesse caso também podem ser utilizados <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 60°.</p>
8°S	Recife-PE/ 8° 03' S		<p>Fachada A: Diminuir o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 70°.</p> <p>Fachada B: Diminuir o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 50° e aumentar o AVL direito de 70° para 75°.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 80°, ou <i>brises</i> verticais.</p>
			<p>Fachada A: Diminuir o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 50°.</p> <p>Fachada B: Diminuir o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 70° e aumentar o AVL direito de 70° para 80°.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 80°, ou <i>brises</i> verticais.</p>
16°S	Brasília-DF/ 15° 47' S		<p>Fachada A: Aumentar o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada B: Aumentar o AVL esquerdo de 80° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 85°, ou <i>brises</i> verticais.</p>

16°S	Brasília-DF/ 15° 47' S		<p>Fachada A: Aumentar o AVL esquerdo de 80° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada B: Aumentar o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 70°, ou <i>brises</i> verticais.</p>
24°S	São Paulo-SP/ 23° 33' S		<p>Fachada A: Aumentar o AVL esquerdo de 80° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada B: Aumentar o AVL esquerdo de 80° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 85°, ou <i>brises</i> verticais.</p>
			<p>Fachada A: Aumentar o AVL esquerdo de 80° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada B: Aumentar o AVL esquerdo de 80° para 85°, ou substituir os <i>brises</i> horizontais por <i>brises</i> verticais.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 80°, ou <i>brises</i> verticais.</p>
32°S	Porto Alegre-RS/ 30° 04' S		<p>Fachada A: Aumentar o AVF de 75° para 90°.</p> <p>Fachada B: Diminuir o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 25°.</p> <p>Fachada D: Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 90°, ou <i>brises</i> verticais.</p>

32°S	Porto Alegre-RS/ 30° 04' S		<p><u>Fachada A:</u> Diminuir o AVF dos <i>brises</i> horizontais de 75° para 25°.</p> <p><u>Fachada B:</u> Aumentar o AVF de 75° para 90°.</p> <p><u>Fachada D:</u> Acrescentar <i>brises</i> horizontais com AVF de 90°, ou <i>brises</i> verticais.</p>
------	-------------------------------	--	--

Fonte: A autora, 2016.

Estas recomendações servem como orientação para implantação do PPET-MEC, para que apresentem melhor desempenho térmico quando implantados em determinadas localidades.

Conhecendo o valor da latitude de uma determinada cidade, o projetista poderá verificar qual das latitudes estudadas mais se aproxima com a latitude da cidade. Em seguida, escolher qual das duas orientações (06 ou 08) permitirá o melhor conjunto de desempenho, considerando a insolação e a ventilação natural.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou a insolação incidente nas fachadas do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC (2011) em diferentes orientações e localizações geográficas (latitudes) no Brasil, por meio de instrumentos de fácil utilização para os projetistas como a máscara de sombra, o diagrama solar de cidades e o medidor de ângulos verticais e horizontais.

Observou-se que uma mesma máscara de sombras pode ser adequada ou inadequada, dependendo da latitude e da orientação do edifício em relação à insolação. Assim, o estabelecimento de uma proteção solar generalizada não parece razoável. São necessários ângulos de sombra específicos para cada latitude e orientação das fachadas.

A proteção solar inadequada, com obstrução solar excessiva, diminui desnecessariamente a disponibilidade de luz natural no interior das salas de aula, criando a necessidade do uso de iluminação artificial e, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades escolares.

Por outro lado, a proteção solar inadequada, com obstrução solar insuficiente, permite a entrada de radiação solar direta no interior das salas de aula. A incidência direta de raios solares pode causar ofuscamento, resultando em desconforto visual e desconforto térmico nos períodos mais quentes pelo aporte de calor proveniente do Sol.

Este trabalho também analisou a distribuição das pressões externas do vento no PPET-MEC (2011) utilizando simulações computacionais no programa PHOENICS (CHAM, 2005) baseado na Mecânica dos fluidos Computacional – CFD.

Para que os projetos apresentem um bom desempenho relativo à ventilação natural, é necessário orientar a edificação de maneira adequada aos ventos dominantes locais.

Destaca-se que a má orientação dos edifícios em relação à insolação e aos ventos dominantes, pode resultar em desconforto térmico para os usuários.

Em estabelecimentos de ensino, o desconforto térmico dificulta o aprendizado e o desenvolvimento das atividades escolares. Além disso, pode acarretar em consumo excessivo de energia elétrica para condicionamento artificial, devido à má adaptação do edifício às condições climáticas locais.

A padronização causa problemas no desempenho dos edifícios, quando implantados com diferentes orientações, em lugares e latitudes diferentes, com condições climáticas distintas.

Os problemas relacionados à insolação e à ventilação natural refletem diretamente no conforto lumínico e térmico dos usuários e no desempenho termoenergético dos edifícios. Esses problemas podem ser resolvidos por meio de decisões projetuais simples, como a orientação adequada ao Sol e aos ventos dominantes.

O conhecimento prévio dos condicionantes climáticos do lugar, dentre eles estão a insolação e a ventilação natural, permite a tomada de decisões adequadas às necessidades locais.

Diante dos resultados apresentados, constata-se que o PPET-MEC é inadequado para implantação em climas distintos, mas é possível melhorar o seu desempenho térmico com o simples ajuste do ângulo de proteção solar dos *brizes* horizontais, ou a substituição destes por *brizes* verticais. Além disso, é necessária a escolha das orientações mais adequadas relativas à insolação e aos ventos dominantes.

Este trabalho não estimula a adoção ou a rejeição de projetos padrão, mas identifica a possibilidade de adequação desses projetos com base no conhecimento dos condicionantes e necessidades climáticas locais.

Sabe-se que muitos municípios necessitam de projetos que ampliem a oferta de vagas em cursos profissionalizantes, como é o caso do Programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2007). Assim, a adequação climática de projetos padrão torna-se uma alternativa para melhorar as condições de conforto térmico e lumínico em regiões climáticas distintas.

Como contribuição para estudos futuros indica-se a avaliação do desempenho quanto à insolação e à ventilação natural nos ambientes internos do PPET-MEC, considerando diferentes implantações dos blocos da edificação no terreno.

Também se sugere a avaliação do desempenho térmico e energético do edifício, considerando a substituição dos materiais que compõem a envoltória.

REFERÊNCIAS

ALLARD, F.; GHIAUS, C.; MANSOURI, Y. Natural ventilation for health, comfort and energy efficiency. In: VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9050:** Acessibilidade a eificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

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

_____. **NBR 15575:** Desempenho de Edifícios de até Cinco Pavimentos - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BARROS, L. A. F. **Avaliação de projeto padrão de creche em conjuntos habitacionais de interesse social: o aspecto da implantação.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2002. 208p.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural.** 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2008.

BITTENCOURT, L. S. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos.** 4. ed. Maceió: EDUFAL, 2004.

BRASIL. Lei nº. 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1979. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/sicon/index.html#/pesquisa/lista/documentos>> Acesso em: 25 mar. 2015.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2014: Ano base 2013.** Rio de Janeiro: EPE, 2014.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. 2001.** Brasília: CEPEL, 2001.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010.** Rio de Janeiro: [S.ed], 2010.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO. **Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012.** Rio de Janeiro: [S.ed], 2012.

CÂNDIDO, S. O. Arqutextos: Arquitetura sustentável é questão de bom senso. 147.02, ano 13, ago. 2012. **Vitruvius.** Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqutextos/13.147/4459>> Acesso em: 10 jul. 2015.

CHAM. **PHOENICS VR 2005.** 2005. 1 CD-ROM.

CHAM. **PHOENICS VR 2014**. 2014.

CUNHA, E. G. et al. **Elementos de arquitetura de climatização natural: método projetual buscando a eficiência energética nas edificações**. Passo Fundo: UPF, 2004.

COTTA, J. P. O. **The impact of window design on the environmental performance of work environments in São Paulo**. Dissertação de Mestrado. MSc Sustainable Environmental Design. AA E+E Environmental e Energy Studies Programme Architectural Association School of Architecture Graduate School. Londres, 2012. 116p.

DOURANEWS. **Naviraí terá escola do Brasil Profissionalizado até setembro**. 17 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.douranews.com.br/cidades/item/78896-navira%C3%AD-ter%C3%A1-escola-do-brasil-profissionalizado-at%C3%A9-setembro>> Acesso em: 25 mar. 2012. il. color.

EDUCAÇÃO. educacao.mg.gov.br. **Município de Sacramento: inaugurada primeira escola do Programa Brasil Profissionalizado em Minas Gerais**. 22 dez. 2014. Disponível em: <<https://www.educacao.mg.gov.br/leis/story/6661-municipio-de-sacramento-inaugurada-primeira-escola-do-programa-brasil-profissionalizado-em-minas-gerais>> Acesso em: 25 mar. 2012. il. color.

EEEP. Escola Estadual de Ensino Profissional Antônio Mota Filho. **Blog**. 2010. Disponível em: <<http://eeepamfilho.blogspot.com.br/p/escola.html>> Acesso em: 25 mar. 2015.

EEEP. Escola Estadual de Ensino Profissional Antônio Rodrigues de Oliveira. **Blog**. SEDUC, 2013. Disponível em: <<http://eeepb.blogspot.com.br/>> Acesso em: 25 mar. 2015. il. color.

ELIANE. Mundo Eliane. **Painéis de alumínio modificam fachada de edifício na Áustria**. 01 dez. 2011. Disponível em: <<http://novo.eliane.com/blog/paineis-de-aluminio-modificam-fachada-de-edificio-na-austria>> Acesso em: 29 jul. 2015. il. color.

FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. New York : McGraw-Hill, 1972.

FEDERAL, Caixa E. **Minha casa Minha Vida**. 2015. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 29 dez. 2015.

FERREIRA, B. Arquitetura efêmera. Parte 1 de 3. **Arquitetônico Beta**. 13, mar. 2011. Disponível em: < <http://portalarquitetonico.com.br/arquitetura-efemera-parte-1-de-3/>>. Acesso em: 31 out. 2014.

FIGUEROLA, V. Infraestrutura urbana: projetos, custos e construção. Projeto orçado: conheça o projeto padrão de escola técnica do MEC. **PINIweb**. 31, out. 2013. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/31/artigo296603-1.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2014.

FRANÇA, J. Arch Daily. **The Words of the Late João Filgueiras Lima, Brazilian Icon**. 26 mai. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/510050/the-works-of-the-late-joao-filgueiras-lima-brazilian-icon>> Acesso em: 29 jul. 2015. il. color.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 2003. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2007.

GIVONI, B. **Confort climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building. Lausanne, 1992.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. Canada: John Wiley & Sons, Inc. 1994.

GODOI, G. **Conforto térmico nas edificações escolares públicas: análise da implantação do projeto padrão 023 da rede pública de ensino do estado do paraná**. Monografia de Especialização em Construção de Obras Públicas. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2010. 54p.

GOULART, S. V. G. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano**. UFSC, 2008. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_apostila_0.pdf> Acesso em: 10 jul. 2015.

GOULART, S. V.G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 1998. il. color.

GRABOWSKI, G. Infraestrutura urbana: projetos, custos e construção. **PINIweb**. 31, out. 2013. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/31/artigo296603-1.aspx>>. Acesso em: 30 out. 2014.

HERTZ, J.B. **Ecotécnicas em arquitetura: como projetar nos trópicos úmidos do Brasil**. São Paulo: Pioneira, 1998.

IBGE. **Banco de dados geodésicos**. Relatórios de estações geodésicas. Tipo de estação: SAT GPS. Rio de Janeiro: IBGE, 2005-2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/bdgpesq_googlemaps.php>. Acesso em: 25 nov 2015.

_____. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa, color. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf>. Acesso em: 22 ago 2014.

ICOMOS. International Council on Monuments and Sites. **Carta del patrimonio vernáculo construído**. México: ICOMOS, out. 1999. Disponível em: < http://www.international.icomos.org/charters/vernacular_sp.pdf>. Acesso em: 30 out. 2014.

IISBE. Iniciativa Internacional para a Sustentabilidade do Ambiente Construído. **Sustentabilidade na reabilitação urbana: o novo paradigma do mercado da construção**. Conferência Nacional. Portugal: IISEB, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments: Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, 2005.

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

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. O conforto no ambiente escolar: Elementos para intervenções de melhoria. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002. p.173-182.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Analisis SOL-AR**. 2005. 6.2. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>> Acesso em: 15 jun. 2015.

_____. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Desempenho térmico de Edificações**. UFSC, 2011. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161%20Apostila-v2011_1.pdf> Acesso em: 12 nov. 2014.

_____. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Sustentabilidade nas Edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área**. UFSC, 2007. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/sustentabilidade-edificacoes-contexto%20internacional-referencias-brasileiras.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L. e PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: PROCEL, 2014.

LAMENHA, M. A.; BATISTA, J. O. e BITTENCOURT, L. S. Análise do projeto padrão de escola técnica do MEC sob diferentes incidências de vento. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió, 2014. p.83-92.

LOURA, R. M.; ASSIS, E. S. e BASTOS, L. E. G. Impacto dos sistemas construtivos sobre o conforto térmico em edificações: Um estudo de caso. In: XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENTAC, 2015, Campinas. **Anais...** Campinas, 2015.

MAGALHÃES, L. C. **Orientações gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos**. PROCEL, 2001. Disponível em: <<http://www.justicaeleitoral.jus.br/arquivos/tre-pr-agenda-ambiental-manual-procel-orientacoes-gerais-para-predios-publicos/view>> Acesso em: 15 fev. 2014.

KWOK, A. G.; GRONDZIK, W. T. **Manual de Arquitetura Ecológica**. 2007. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MASCARÓ, L. **Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. 2. ed. São Paulo: Projeto, 1991.

MEC/SETEC/DIREPT/CGPFASPERT. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Nota Técnica nº 759.** Orientações sobre o projeto de arquitetura executivo padrão da escola do programa Brasil Profissionalizado. Brasília, 17 de novembro de 2011. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16355&Itemid=101>. Acesso em: 26 dez. 2013.

MEC/SETEC/DIREPT/CGPFASPERT. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Caderno de especificações técnicas.** Projeto executivo 2011. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=17248&Itemid=1011>. Acesso em: 26 dez. 2013.

MEC. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Brasil Profissionalizado.** 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12325&Itemid=663>. Acesso em: 12 mar. 2015.

MEDEIROS, I. et al. Estudo comparativo da ventilação natural para diferentes tipos de edifício padrão MCMV. In: XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído – ENTAC, 2015, Campinas. **Anais...** Campinas, 2015.

MENEZES, D. **Energia aumenta e governo já gastou R\$ 1,3 bilhão em 2015.** Contas abertas, 4 set. 2015. Disponível em: <<http://www.contasabertas.com.br/website/arquivos/11870>> Acesso em: 29 dez. 2015.

MENKES, M. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade.** Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2004. 295p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Ceará inaugura primeira escola técnica com recursos do programa.** 19 ago. 2010 Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=15790:ceara-inaugura-primeira-escola-tecnica-com-recursos-do-programa&catid=209&Itemid=164>. Acesso em: 25 mar. 2015.

NAVIRAÍ. Prefeitura Municipal. **Inaugurado, Brasil Profissionalizado vai capacitar jovens de Naviraí.** 03 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.navirai.ms.gov.br/artigo/artigos/1723-inauguracao-da-escola-tecnica-sera-nesta-quarta-feira>> Acesso em: 25 mar. 2012. il. color.

NEGREIROS, B. A. **Análise de métodos de predição de conforto térmico de habitação em clima quente e úmido com condicionamento passivo.** Dissertação de Mestrado. Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2010. 115p.

OLIVEIRA, J. Naviraí Notícias. **Léo e André inauguram na quarta a Escola Brasil Profissionalizado.** 01 dez. 2014. Disponível em: <<http://www.navirainoticias.com.br/noticia/112214125715189/leo-e-andre-inauguram-na-quarta-a-escola-brasil-profissionalizado>> Acesso em: 25 mar. 2012. il. color.

OLGYAY, V. **Arquitetura y Clima: Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.** 1998. 4. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2006. Edição em espanhol.

OLGYAY, V.; OLGAY, A. **Design with climate**. Princeton: Princeton University Press, 1963.

PBE EDIFICA. **Edificações públicas**. 2015. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/etiquetagem/publica>> Acesso em: 15 jun. 2015.

PEDREIRÃO. Macetes de Construção. **Tipos de Janelas, Passo a Passo**. 17 fev. 2014. Disponível em: <<http://pedreiro.com.br/janelas-e-portas/tipos-de-janelas-passo-a-passo/>> Acesso em: 05 ago. 2015. il. color.

PORTALE. Persianas e Toldos desde 1993. **Stobag – Toldos de Fachada**. 2015. Disponível em: <<http://www.portale.com.br/conteudo/145/157/toldos-de-fachada.html>> Acesso em: 29 jul. 2015. il. color.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. 1997. 2. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2005. Edição em português.

RORIZ, M. **ZBBR**. Classificação Bioclimática dos municípios brasileiros. 2004. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/zbbr>> Acesso em: 10 jul. 2015.

_____. **Arquivos climáticos EPW**. 2012. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>> Acesso em: 22 out. 2014.

_____. **Uma proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro**. São Carlos, SP. ANTAC, 2012. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>> Acesso em: 15 fev. 2014.

SAFE. Solutions. **Softwares: PHOENICS**. 2012. Disponível em: <<http://www.safesolutions.com.br/pt/software/phoenics>> Acesso em: 12 ago. 2015.

SAMPAIO, D. Paredes de alvenaria e dry wall. **Blog**. 12 nov. 2011. Disponível em: <<http://dennysfs.blogspot.com.br/2011/11/paredes-alvenaria-e-dry-wall.html>> Acesso em: 05 ago. 2015. il. color.

SCHIMID, A. **A idéia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005.

SEDUC. Secretaria da Educação do Governo do Estado do Ceará. **Escola Profissional de Pedra Branca**. 2011. Disponível em: <<http://www.seduc.ce.gov.br/index.php/comunicacao/noticias/14-lista-de-noticias/3336-pedra-branca-tera-escola-profissional-inaugurada-nesta-quinta-29>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

SERRA, R. **Arquitectura y climas**. 1999. 4. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004. Edição em espanhol.

TIBA, C. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000.

UNIMÓVEIS. Marcenaria Fina. **Porta cava**. 19 out. 2012. Disponível em: <<http://www.unimoveis.com.br/1/sob-medida/porta-cava>> Acesso em: 05 ago. 2015. il. color.

VIGGIANO, M. H. Bases conceituais do Projeto Casa Autônoma. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro, 2001. 9.p.

VIQUEIRA, M. R. **Estudios de Arquitectura Bioclimática**. Anuário 2003. Vol. V. Méxioco: Editorial Limusa, 2003.

VITRUVÉ. **Les dix Livres d'Architecture**. Paris: E. Baland, 1979.

YEANG, Ken. **The skyscraper bioclimatically considered: a design primer**. Londres: Academy Editions, 1996.

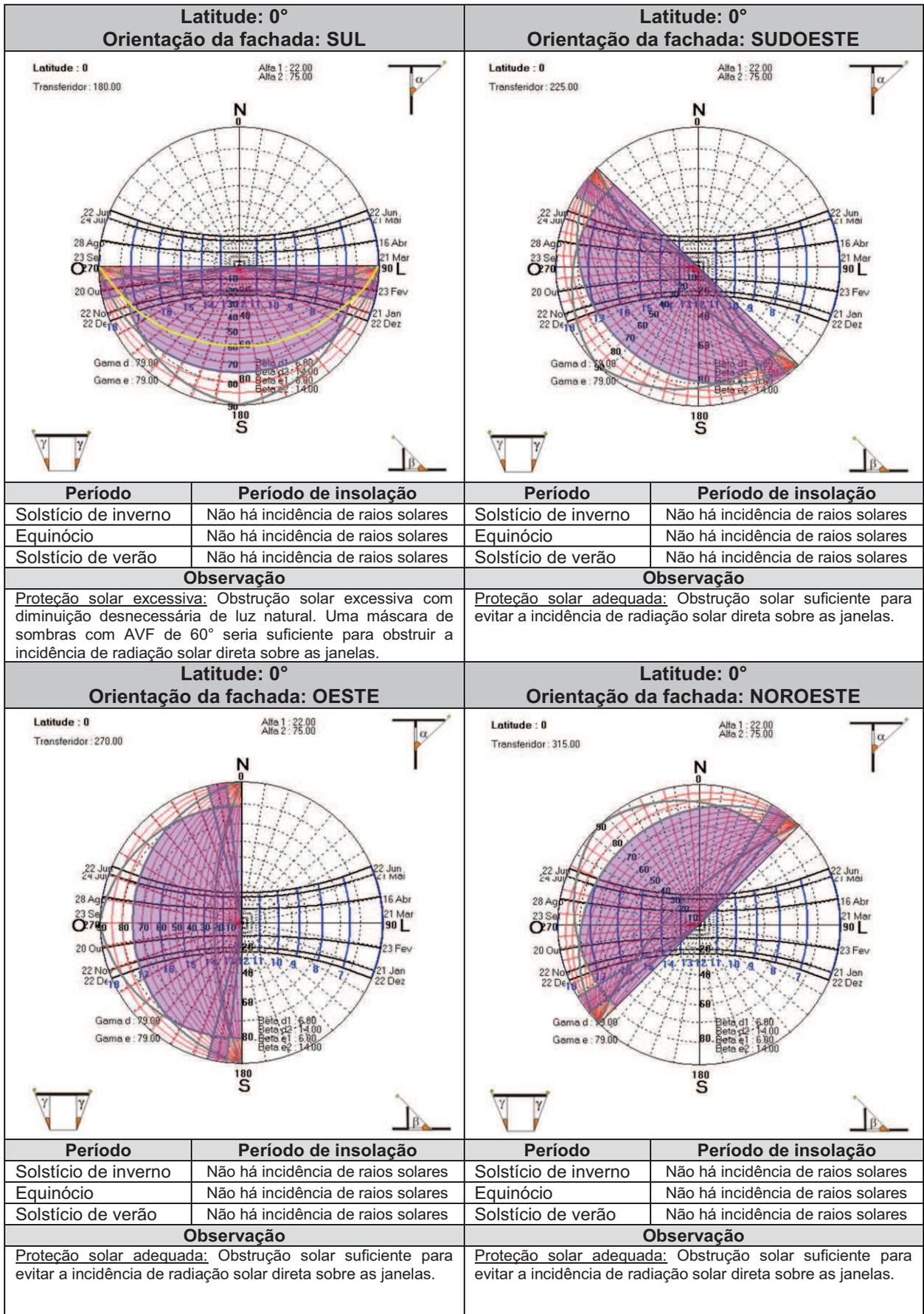
APÊNDICE

ANÁLISE DA PROTEÇÃO SOLAR DA FACHADA 'A', EM 8 ORIENTAÇÕES E EM 6 DIFERENTES LATITUDES DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Os quadros 25 a 30, a seguir, apresentam as 48 cartas solares, resultantes do estudo de insolação realizado para a fachada A do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC pertencente ao Programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2011).

Quadro 25 – Estudo da insolação da **fachada A** para latitude de 0°.

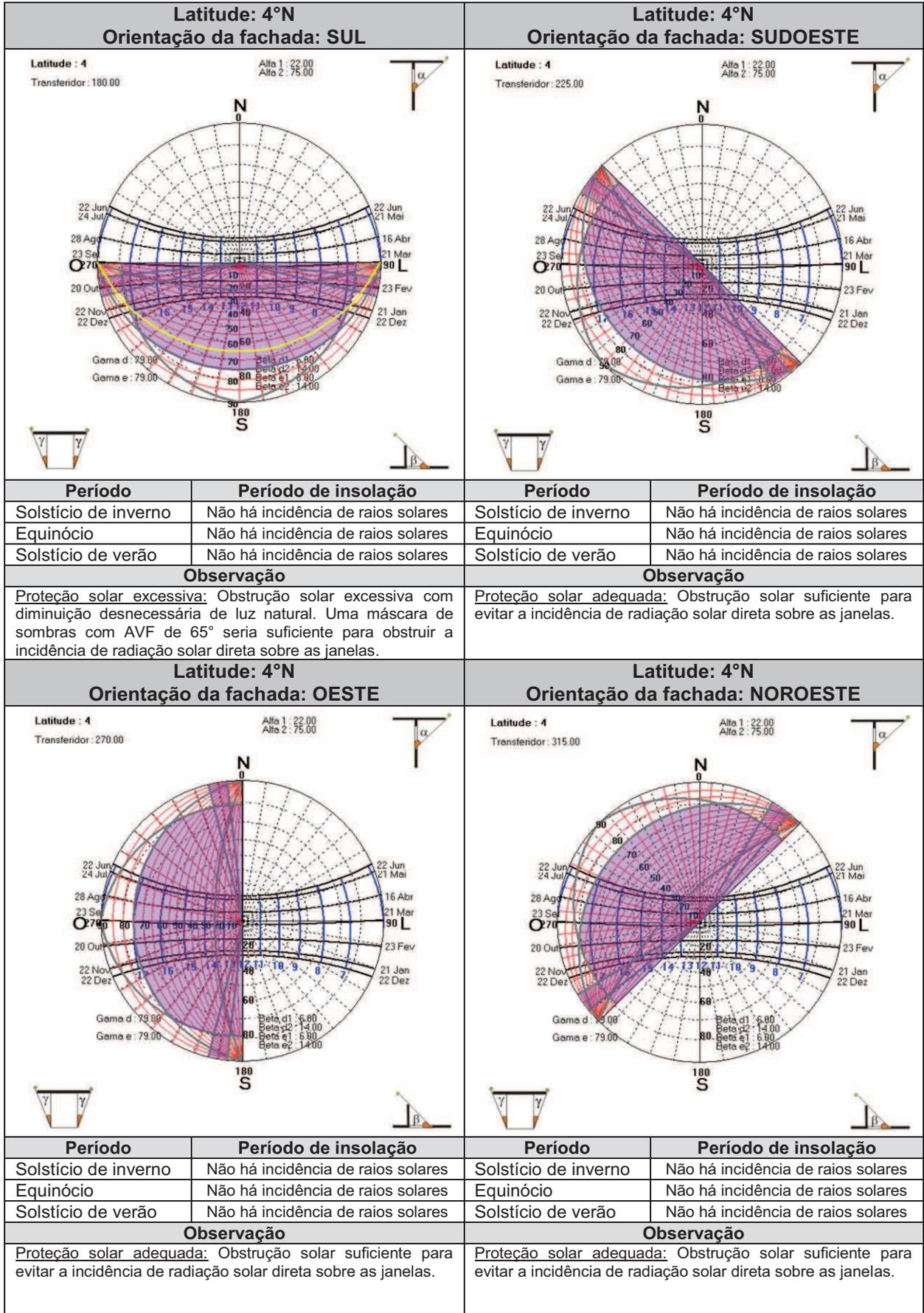
Latitude: 0° Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: NORDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar excessiva:</u> Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombra com AVF de 60° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar adequada:</u> Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 0° Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: SUDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar adequada:</u> Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar adequada:</u> Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	



Fonte: A autora, 2016.

Quadro 26 – Estudo da insolação da fachada A para latitude de 4°N.

Latitude: 4°N Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 4°N Orientação da fachada: NORDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar excessiva:</u> Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 55° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar adequada:</u> Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 4°N Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 4°N Orientação da fachada: SUDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar adequada:</u> Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar adequada:</u> Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	



Fonte: A autora, 2016.

Quadro 27 – Estudo da insolação da fachada A para latitude de 8°S.

Latitude: 8°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -8 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : -8 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	7h às 7h20
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 70° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 8°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -8 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : -8 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h20	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 70° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Transferidor : 180.00 Alfa 2 : 75.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Transferidor : 225.00 Alfa 2 : 75.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 50° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 70° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 8°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Transferidor : 270.00 Alfa 2 : 75.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Transferidor : 315.00 Alfa 2 : 75.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h20	Solstício de inverno	7h às 7h20
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 28 – Estudo da insolação da fachada A para latitude de 16°S.

Latitude: 16°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -16 Transferidor: 0.00</p>		<p>Latitude : -16 Transferidor: 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h20 e 16h40 às 17h	Solstício de inverno	7h às 7h40
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL direito e esquerdo para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 16°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -16 Transferidor: 90.00</p>		<p>Latitude : -16 Transferidor: 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h30	Solstício de inverno	7h às 7h20
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL esquerdo para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 16°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 16°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : -16 Transferidor : 180.00</p>		<p>Latitude : -16 Transferidor : 225.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	16h40 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 45° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVF direito para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 16°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : -16 Transferidor : 270.00</p>		<p>Latitude : -16 Transferidor : 315.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	16h30 às 17h	Solstício de inverno	16h20 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 29 – Estudo da insolação da fachada A para latitude de 24°S.

Latitude: 24°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 24°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -24 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : -24 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h30 e 16h30 às 17h	Solstício de inverno	7h às 8h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 24°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -24 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : -24 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h50	Solstício de inverno	7h às 7h30
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL esquerdo para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : -24 Transferidor : 180.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p> <p>Gama d : 79.00 Gama e : 79.00</p> <p>Beta d1 : 6.00 Beta d2 : 14.00 Beta e1 : 6.00 Beta e2 : 14.00</p>		<p>Latitude : -24 Transferidor : 225.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p> <p>Gama d : 79.00 Gama e : 79.00</p> <p>Beta d1 : 6.00 Beta d2 : 14.00 Beta e1 : 6.00 Beta e2 : 14.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	16h30 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 35° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL direito para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 24°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 24°S Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : -24 Transferidor : 270.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p> <p>Gama d : 79.00 Gama e : 79.00</p> <p>Beta d1 : 6.00 Beta d2 : 14.00 Beta e1 : 6.00 Beta e2 : 14.00</p>		<p>Latitude : -24 Transferidor : 315.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p> <p>Gama d : 79.00 Gama e : 79.00</p> <p>Beta d1 : 6.00 Beta d2 : 14.00 Beta e1 : 6.00 Beta e2 : 14.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	16h10 às 17h	Solstício de inverno	16h às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 30 – Estudo da insolação da fachada A para latitude de 32°S.

Latitude: 32°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: NORDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h50 e 16h10 às 17h	Solstício de inverno	7h às 8h30
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 32°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: SUDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 8h	Solstício de inverno	7h às 7h30
Equinócio	7h às 7h10	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	

Latitude: 32°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 32°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : -32 Transferidor : 180.00</p>		<p>Latitude : -32 Transferidor : 225.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	16h30 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 25° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 32°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : -32 Transferidor : 270.00</p>		<p>Latitude : -32 Transferidor : 315.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	16h às 17h	Solstício de inverno	15h30 às 17h
Equinócio	16h50 às 17h	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

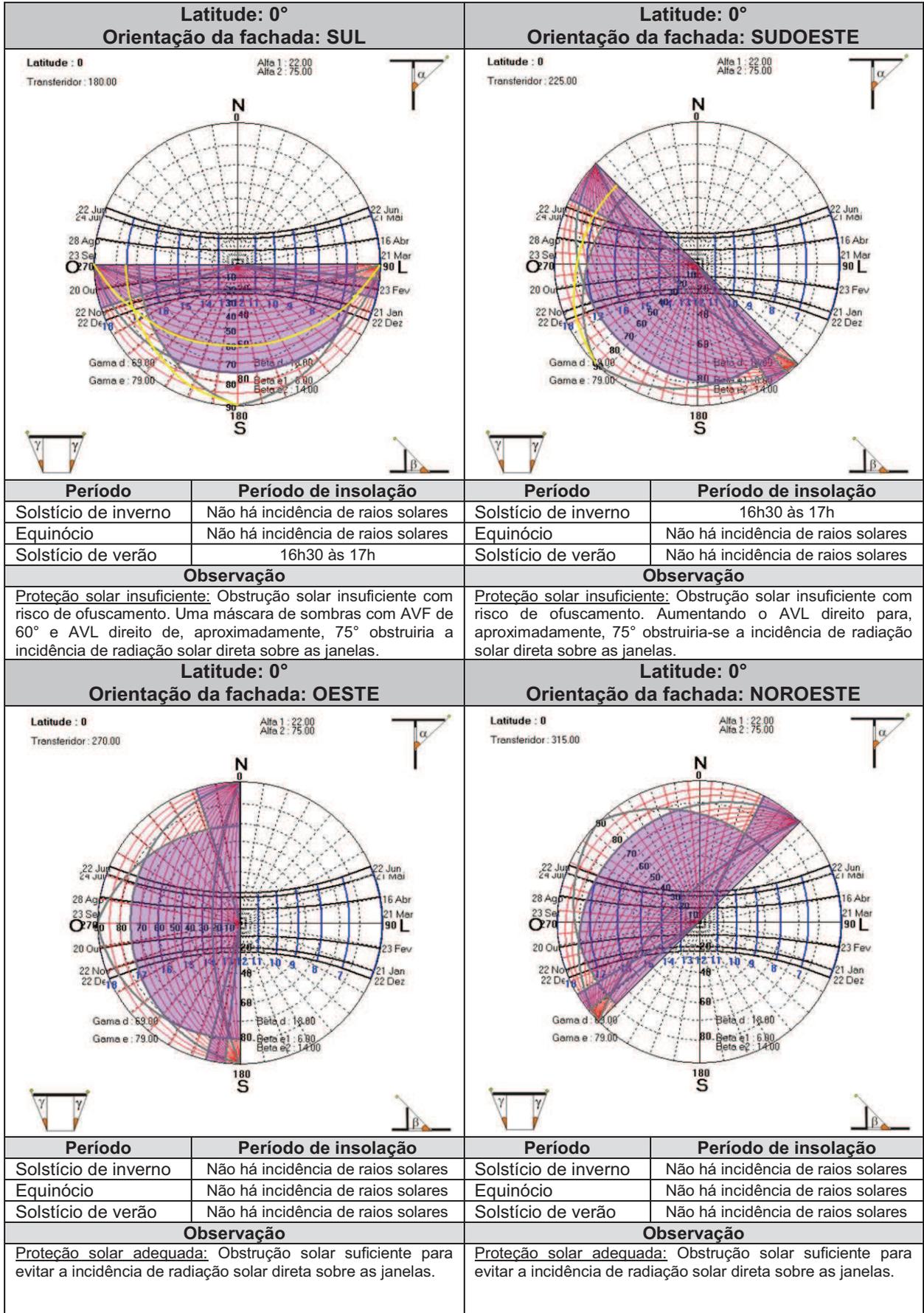
Fonte: A autora, 2016.

ANÁLISE DA PROTEÇÃO SOLAR DA FACHADA 'B', EM 8 ORIENTAÇÕES E EM 6 DIFERENTES LATITUDES DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Os quadros 31 a 36, a seguir, apresentam as 48 cartas solares, resultantes do estudo de insolação realizado para a fachada B do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC pertencente ao Programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2011).

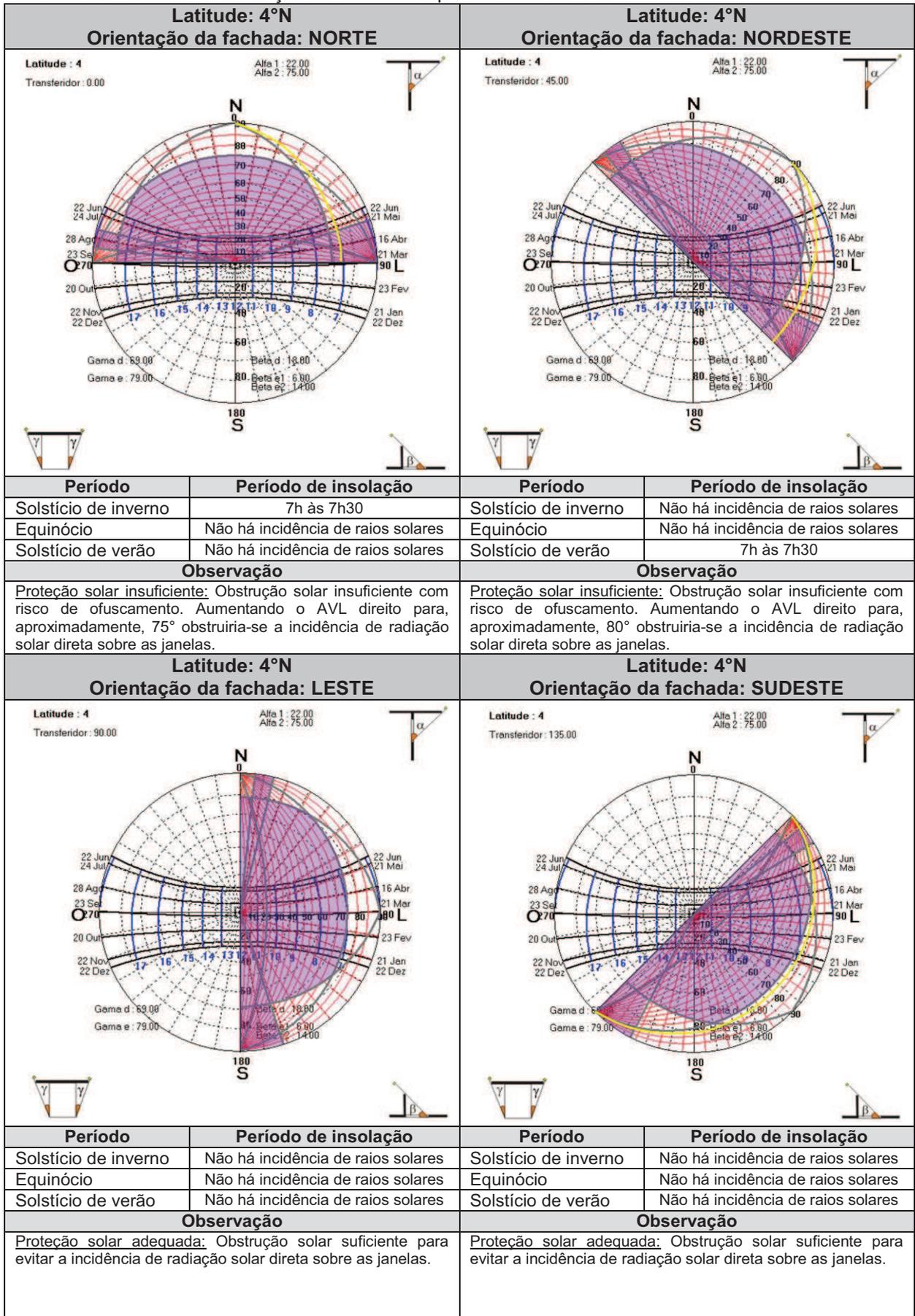
Quadro 31 – Estudo da insolação da fachada B para latitude de 0°.

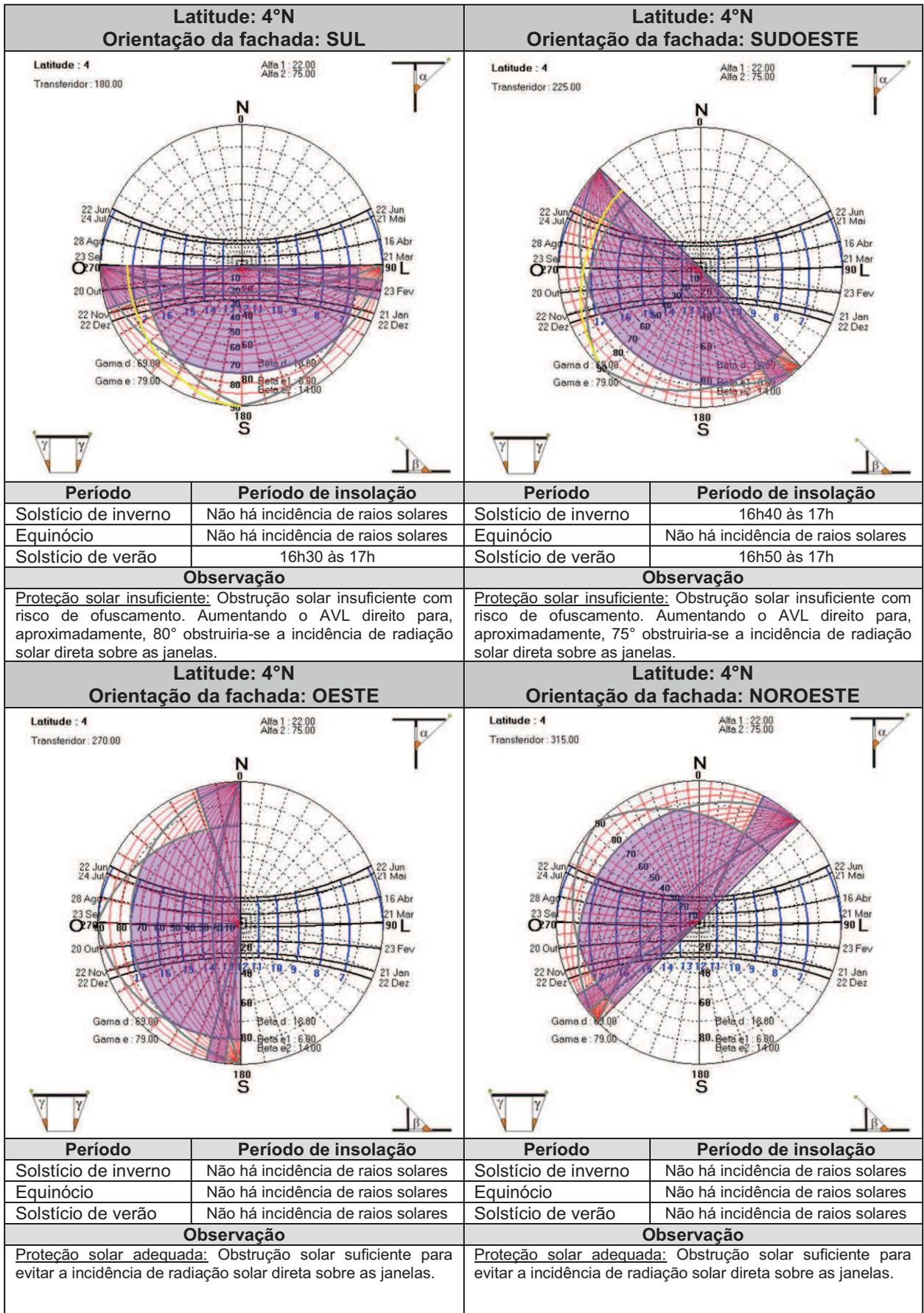
Latitude: 0° Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: NORDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h30	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 7h30
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 60° e AVL direito de, aproximadamente, 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL direito para, aproximadamente, 75° obstruiri-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 0° Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: SUDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar adequada: Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar adequada: Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	



Fonte: A autora, 2016.

Quadro 32 – Estudo da insolação da **fachada B** para latitude de 4°N.





Fonte: A autora, 2016.

Quadro 33 – Estudo da insolação da **fachada B** para latitude de 8°S.

Latitude: 8°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h40	Solstício de inverno	7h às 7h20
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 7h10
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL direito para 80° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Um sombreamento com AVF de 80° e AVL direito de, aproximadamente, 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 8°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h20	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar adequada: Obstrução solar suficiente para evitar a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : -8 Transferidor : 180.00</p>		<p>Latitude : -8 Transferidor : 225.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	16h50 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	16h50 às 17h	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Um sombreamento com AVF de 50° e AVL direito de, aproximadamente, 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL direito para 80° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 8°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : -8 Transferidor : 270.00</p>		<p>Latitude : -8 Transferidor : 315.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	16h40 às 17h	Solstício de inverno	16h40 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 34 – Estudo da insolação da fachada B para latitude de 16°S.

Latitude: 16°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: NORDESTE	
Período Solstício de inverno Equinócio Solstício de verão	Período de insolação 16h40 às 17h Não há incidência de raios solares Não há incidência de raios solares	Período Solstício de inverno Equinócio Solstício de verão	Período de insolação 7h às 7h40 Não há incidência de raios solares Não há incidência de raios solares
Observação Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL esquerdo para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Observação Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 16°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: SUDESTE	
Período Solstício de inverno Equinócio Solstício de verão	Período de insolação 7h às 7h30 Não há incidência de raios solares Não há incidência de raios solares	Período Solstício de inverno Equinócio Solstício de verão	Período de insolação 7h às 7h20 Não há incidência de raios solares Não há incidência de raios solares
Observação Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Observação Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL esquerdo para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	

Latitude: 16°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 16°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	16h50 às 17h
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 45° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL direito para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 16°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: NOROESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	16h30 às 17h	Solstício de inverno	16h20 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Um sombreamento com AVF de, aproximadamente, 85° e AVL direito de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 35 – Estudo da insolação da fachada B para latitude de 24°S.

Latitude: 24°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 24°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -24 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : -24 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 8h10 e 16h30 às 17h	Solstício de inverno	7h às 8h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente, 85° e AVL de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Um sombreamento com AVF de, aproximadamente, 85° e AVL direito de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 24°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -24 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : -24 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 7h40	Solstício de inverno	7h às 7h30
Equinócio	7h às 7h10	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL esquerdo para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	16h40 às 17h
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 35° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Aumentando o AVL direito para, aproximadamente, 85° obstruiria-se a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 24°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 24°S /Orientação da fachada: NOROESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	16h20 às 17h	Solstício de inverno	16h às 17h
Equinócio	16h50 às 17h	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 36 – Estudo da insolação da fachada B para latitude de 32°S.

Latitude: 32°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -32 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : -32 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 8h30 e 16h10 às 17h	Solstício de inverno	7h às 8h30
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 32°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -32 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : -32 Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 8h10	Solstício de inverno	7h às 7h30
Equinócio	7h às 7h20	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 32°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 32°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : -32 Transferidor: 180.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p>		<p>Latitude : -32 Transferidor: 225.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	16h30 às 17h
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar excessiva: Obstrução solar excessiva com diminuição desnecessária de luz natural. Uma máscara de sombras com AVF de 25° seria suficiente para obstruir a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 32°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : -32 Transferidor: 270.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p>		<p>Latitude : -32 Transferidor: 315.00</p> <p>Alfa 1 : 22.00 Alfa 2 : 75.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	15h50 às 17h	Solstício de inverno	15h30 às 17h
Equinócio	16h50 às 17h	Equinócio	Não há incidência de raios solares
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	Não há incidência de raios solares
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente com risco de ofuscamento. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Fonte: A autora, 2016.

ANÁLISE DA PROTEÇÃO SOLAR DA FACHADA 'D', EM 8 ORIENTAÇÕES E EM 6 DIFERENTES LATITUDES DO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Os quadros 37 a 42, a seguir, apresentam as 48 cartas solares, resultantes do estudo de insolação realizado para a fachada D do bloco pedagógico/administrativo do PPET-MEC pertencente ao Programa Brasil Profissionalizado (MEC, 2011).

Quadro 37 – Estudo da insolação da fachada D para latitude de 0°.

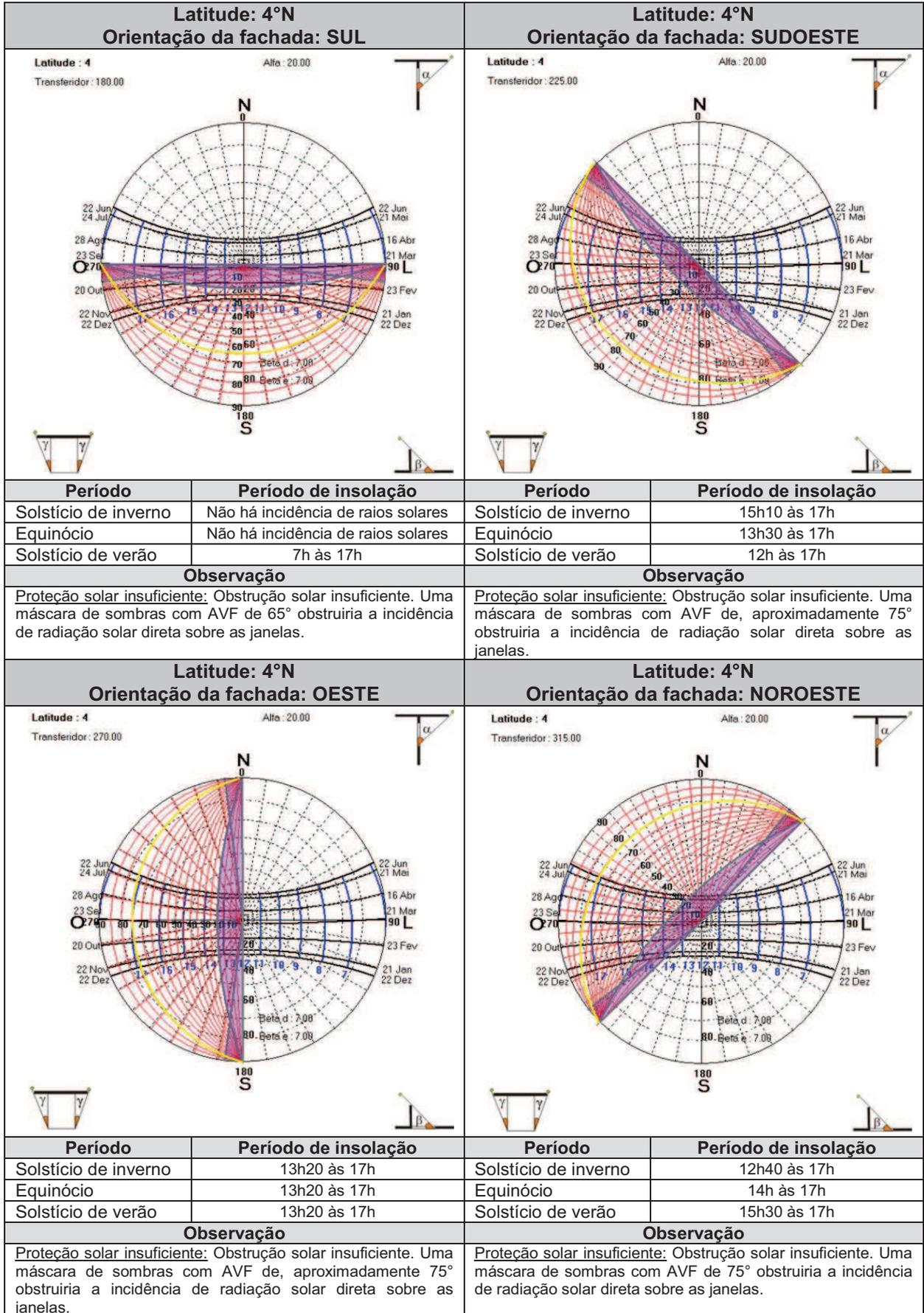
Latitude: 0° Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: NORDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 17h	Solstício de inverno	7h às 11h50
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	7h às 10h
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 8h30
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 60° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 0° Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: SUDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 10h30	Solstício de inverno	7h às 8h40
Equinócio	7h às 10h30	Equinócio	7h às 10h
Solstício de verão	7h às 10h30	Solstício de verão	7h às 11h50
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 0° Orientação da fachada: SUL		Latitude: 0° Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : 0 Transferidor : 180.00</p>		<p>Latitude : 0 Transferidor : 225.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	15h20 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	14h às 17h
Solstício de verão	7h às 17h	Solstício de verão	12h30 às 17h
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 60° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 0° Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 0° Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : 0 Transferidor : 270.00</p>		<p>Latitude : 0 Transferidor : 315.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	13h20 às 17h	Solstício de inverno	12h30 às 17h
Equinócio	13h20 às 17h	Equinócio	14h às 17h
Solstício de verão	13h20 às 17h	Solstício de verão	15h30 às 17h
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 38 – Estudo da insolação da fachada D para latitude de 4°N.

Latitude: 4°N Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 4°N Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : 4 Alfa : 20.00 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : 4 Alfa : 20.00 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 10h30 e 13h às 17h	Solstício de inverno	7h às 11h30
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	7h às 10h
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 8h30
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 55° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 4°N Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 4°N Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : 4 Alfa : 20.00 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : 4 Alfa : 20.00 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 10h40	Solstício de inverno	7h às 8h50
Equinócio	7h às 10h40	Equinócio	7h às 10h30
Solstício de verão	7h às 10h40	Solstício de verão	7h às 12h
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	



Fonte: A autora, 2016.

Quadro 39 – Estudo da insolação da fachada D para latitude de 8°S.

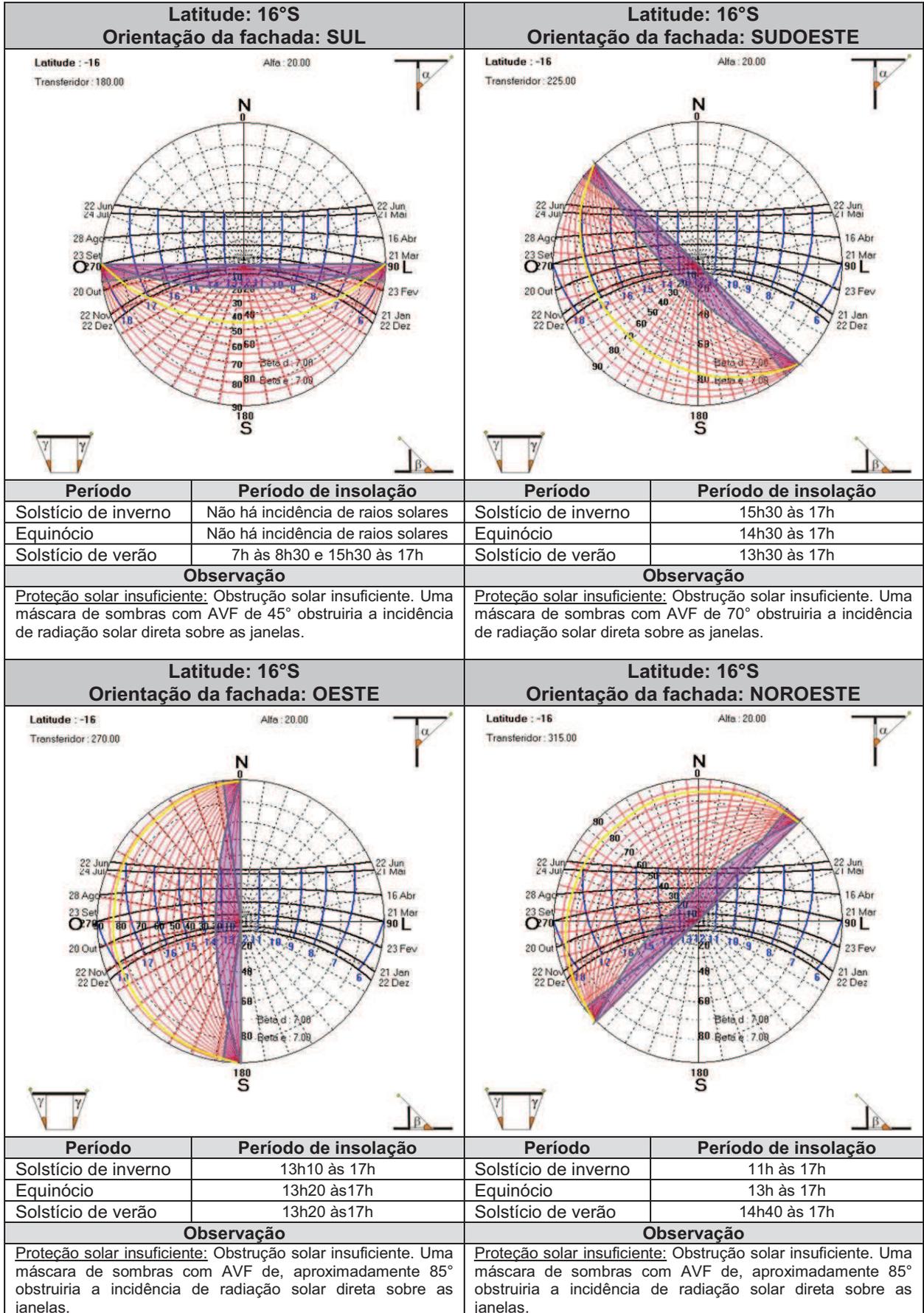
Latitude: 8°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 17h	Solstício de inverno	7h às 12h20
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	7h às 10h30
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 9h
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 70° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 8°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 10h40	Solstício de inverno	7h às 8h30
Equinócio	7h às 10h40	Equinócio	7h às 9h40
Solstício de verão	7h às 10h40	Solstício de verão	7h às 11h
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 8°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 180.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 225.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	15h30 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	14h20 às 17h
Solstício de verão	7h às 9h30 e 14h30 às 17h	Solstício de verão	13h às 17h
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 50° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente 70° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 8°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 8°S Orientação da fachada: NOROESTE	
<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 270.00</p>		<p>Latitude : -8 Alfa : 20.00 Transferidor : 315.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	13h20 às 17h	Solstício de inverno	11h40 às 17h
Equinócio	13h20 às 17h	Equinócio	13h30 às 17h
Solstício de verão	13h20 às 17h	Solstício de verão	15h às 17h
Observação		Observação	
<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p><u>Proteção solar insuficiente:</u> Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 40 – Estudo da insolação da fachada D para latitude de 16°S.

Latitude: 16°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: NORDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 17h	Solstício de inverno	7h às 13h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	7h às 11h
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 9h20
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 75° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 16°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 16°S Orientação da fachada: SUDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 10h50	Solstício de inverno	7h às 8h30
Equinócio	7h às 10h40	Equinócio	7h às 9h30
Solstício de verão	7h às 10h40	Solstício de verão	7h às 10h30
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de, aproximadamente 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 70° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	



Fonte: A autora, 2016.

Quadro 41 – Estudo da insolação da fachada D para latitude de 24°S.

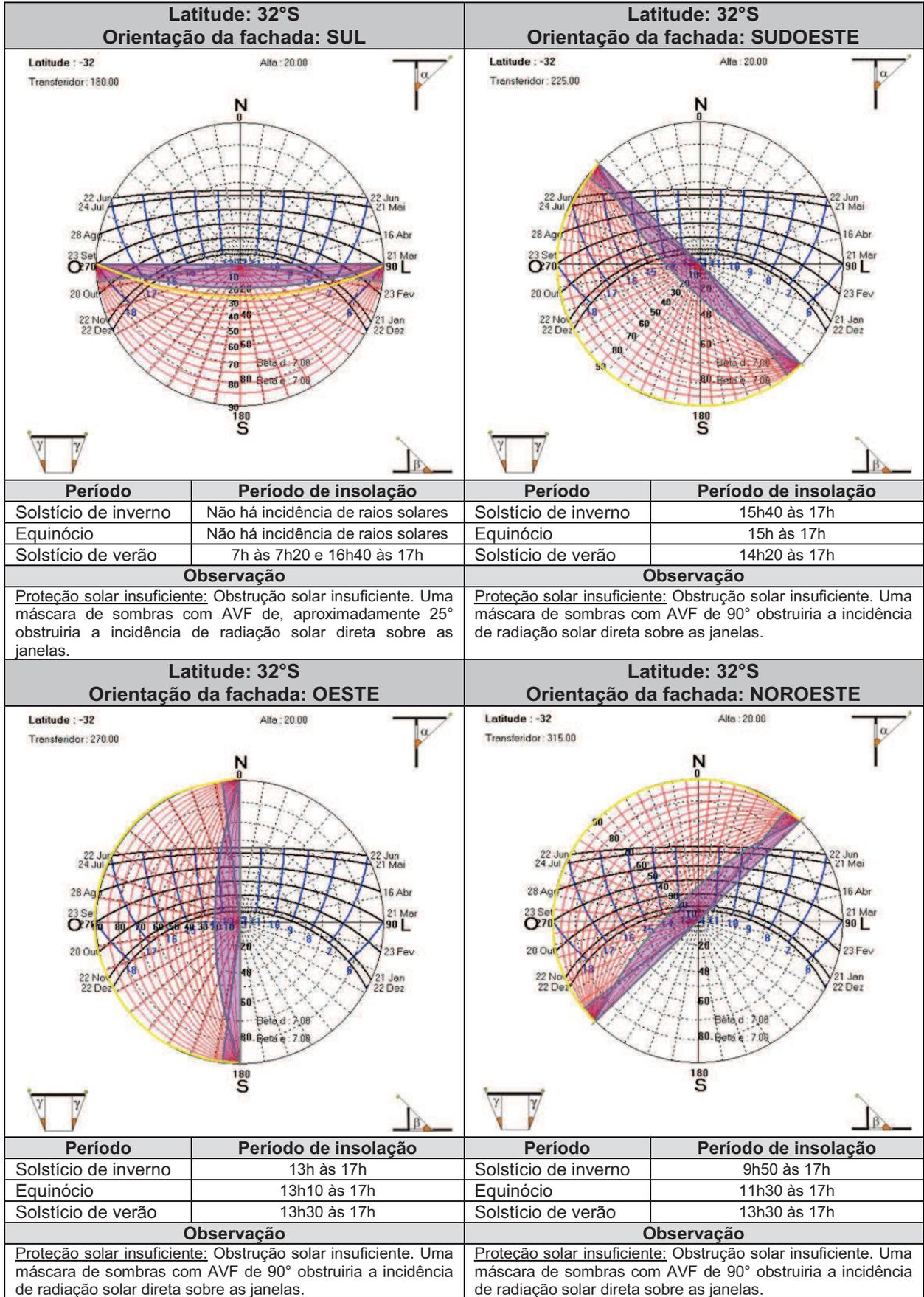
Latitude: 24°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 24°S Orientação da fachada: NORDESTE	
<p>Latitude : -24 Alfa : 20.00 Transferidor : 0.00</p>		<p>Latitude : -24 Alfa : 20.00 Transferidor : 45.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 17h	Solstício de inverno	7h às 13h30
Equinócio	7h às 17h	Equinócio	7h às 11h40
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 9h40
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	
Latitude: 24°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUDESTE	
<p>Latitude : -24 Alfa : 20.00 Transferidor : 90.00</p>		<p>Latitude : -24 Alfa : 20.00 Transferidor : 135.00</p>	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 11h	Solstício de inverno	7h às 8h30
Equinócio	7h às 10h40	Equinócio	7h às 9h20
Solstício de verão	7h às 10h30	Solstício de verão	7h às 10h
Observação		Observação	
<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>		<p>Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.</p>	

Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUL		Latitude: 24°S Orientação da fachada: SUDOESTE	
Latitude : -24 Transfendor: 180.00 		Latitude : -24 Transfendor: 225.00 	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	Não há incidência de raios solares	Solstício de inverno	15h30 às 17h
Equinócio	Não há incidência de raios solares	Equinócio	14h40 às 17h
Solstício de verão	7h às 8h e 16h às 17h	Solstício de verão	14h às 17h
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 35° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 80° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 24°S Orientação da fachada: OESTE		Latitude: 24°S /Orientação da fachada: NOROESTE	
Latitude : -24 Transfendor: 270.00 		Latitude : -24 Transfendor : 315.00 	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	13h às 17h	Solstício de inverno	10h30 às 17h
Equinócio	13h20 às 17h	Equinócio	12h20 às 17h
Solstício de verão	13h30 às 17h	Solstício de verão	14h às 17h
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 85° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	

Fonte: A autora, 2016.

Quadro 42 – Estudo da insolação da fachada D para latitude de 32°S.

Latitude: 32°S Orientação da fachada: NORTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: NORDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 17h	Solstício de inverno	7h às 14h10
Equinócio	7h às 17h	Equinócio	7h às 12h30
Solstício de verão	Não há incidência de raios solares	Solstício de verão	7h às 10h30
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	
Latitude: 32°S Orientação da fachada: LESTE		Latitude: 32°S Orientação da fachada: SUDESTE	
Período	Período de insolação	Período	Período de insolação
Solstício de inverno	7h às 11h	Solstício de inverno	7h às 8h20
Equinócio	7h às 10h50	Equinócio	7h às 9h
Solstício de verão	7h às 10h30	Solstício de verão	7h às 9h40
Observação		Observação	
Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.		Proteção solar insuficiente: Obstrução solar insuficiente. Uma máscara de sombras com AVF de 90° obstruiria a incidência de radiação solar direta sobre as janelas.	



Fonte: A autora, 2016.

ANEXO

PROJETO ARQUITETÔNICO DA ESCOLA TÉCNICA PADRÃO DO MEC (2011)

FONTE:

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC

FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO – FNDE

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E RODOVIAS DO CEARÁ – DER

Observação:

O projeto arquitetônico completo da Escola Técnica Padrão do MEC (2011) possui um total de 41 pranchas, que estão disponíveis no endereço eletrônico: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=16355&Itemid=1011.

Como auxílio à compreensão do objeto de estudo deste trabalho, o presente anexo traz as 15 primeiras pranchas, incluindo a implantação, plantas baixas, plantas de forro, plantas de cobertura, cortes com alguns detalhes e as fachadas.