

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DA CRECHE PADRÃO DO PROGRAMA PROINFÂNCIA ATRAVÉS DOS ÍNDICES DE CONFORTO: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MACEIÓ-AL.

Fernanda Maria de Barros Nascimento (1); Juliana Oliveira Batista (2)

(1) Arquiteta e Urbanista, Pós Graduada do curso de MBA em Master em Arquitetura e Iluminação, do Instituto de Pós-Graduação – IPOG, nandabarrosn@gmail.com

(2) Doutora em Engenharia Civil, Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, juliana.batista@fau.ufal.br.

Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Av. Lourival de Melo Mota s/n, Maceió-AL, 57072-900, Tel.: (82) 3214-1266.

RESUMO

Percebe-se que em escolas da rede pública, principalmente, é essencial o uso de estratégias bioclimáticas nos projetos para que se atinjam boas condições de conforto ambiental, já que as mesmas requerem menos recursos para a manutenção da sua infraestrutura em comparação ao uso de condicionamento artificial. Desta forma, o aproveitamento dos condicionantes climáticos em ambientes escolares é de fundamental importância para que se tenha uma climatização ideal. A utilização inadequada de projetos padrão pode prejudicar seu desempenho térmico. Portanto, é necessária a adaptação dos mesmos as condições climáticas da cidade onde está sendo implantado. Este trabalho apresenta uma avaliação do desempenho térmico da creche padrão do programa Proinfância para a cidade de Maceió-AL. Para a avaliação foram considerados parâmetros como a distribuição dos fluxos de ar, a velocidade do ar e o percentual de horas de desconforto nos ambientes, através de simulações obtidas com os instrumentos Mesa D'água e o programa computacional Energy Plus (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2015). A análise dos resultados apontou que o projeto padrão da Creche do Programa Proinfância necessita de alterações para a melhoria do seu desempenho na cidade de Maceió. Pequenas mudanças como redimensionamento, acréscimo e alteração das tipologias das esquadrias e relocação de alguns ambientes para melhoria do fluxo dos ventos aperfeiçoariam seu desempenho térmico.

Palavras-chave: Conforto ambiental, desempenho térmico, projeto padrão.

ABSTRACT

It is known that in schools of the public network, mainly, it is essential the use of bioclimatic strategies in projects in order to reach good conditions of environmental comfort, because they require less resources for the maintenance of their infrastructure compared to the use of artificial conditioning. Thus, the use of climatic conditioning in school environments is crucial in order to have an ideal climate. Improper use of standard designs can impair thermal performance. Therefore, it is necessary to adapt them to the climatic conditions of the city where it is being implanted. This work presents an evaluation of the thermal performance of the standard day care center of Proinfância Program for the city of Maceió-AL. For the evaluation parameters such as the distribution of airflows, air velocity and the percentage of hours of discomfort in the environments were considered through simulations obtained with instruments as the Water Table and the Energy Plus software (US DEPARTMENT OF ENERGY, 2015). The analysis of the results indicated that the standard project of the Nursery Program Proinfância needs changes to improve its performance in the city of Maceió. Small changes such as resizing, adding and changing the typologies of the frames and relocating some environments to improve the wind flow would improve its thermal performance.

Key words: Environmental comfort, thermal performance, standard design.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2007, o governo brasileiro criou o programa Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil - Proinfância, que visa melhorar a qualidade da educação, prestando assistência financeira aos municípios para a construção de novas creches e pré-escolas da rede pública.

Com recursos do Governo Federal, o Programa proporciona aos municípios a oportunidade de modernizar e expandir a rede pública de ensino infantil, de 0 a 5 anos e 11 meses. Além da construção de novas unidades, também é dado incentivo para finalização de obras já iniciadas e para a compra de equipamentos (MEC/FNDE, 2013). Quando cadastrados junto ao Programa, ficam disponíveis projetos padrão aos municípios, elaborados em conformidade com as diretrizes da Secretaria da Educação Básica do MEC. Os projetos padrão são nomeados em duas tipologias, B e C, definidos conforme a capacidade de alunos, sendo os do tipo B com maior capacidade.

A utilização destes projetos padrão vem ocorrendo principalmente devido à diminuição do tempo para a execução da obra e dos menores custos envolvidos na mesma, se comparados a projetos próprios. Porém, a adaptação deste tipo de projeto em diferentes cidades e regiões, com características climáticas e ambientais distintas, é bastante complexa. Portanto, é primordial que o projeto seja flexível, adaptável às necessidades ambientais de cada cidade que for implantado, de maneira que o espaço construído garanta aos usuários as condições de bem-estar necessárias para o desempenho de suas atividades.

O bom desempenho dos alunos nas escolas depende de vários fatores. Entre eles podem-se citar os aspectos socioeconômicos e a infraestrutura física e ambiental da instituição. Existem várias estratégias bioclimáticas que podem ser utilizadas para se obter o melhor aproveitamento dos recursos naturais. Elas devem ser adaptadas às características do local onde vai ser implantado o projeto. Para isto, é preciso conhecer o clima e a paisagem do entorno, analisando-se as condições naturais características dos mesmos – como a disponibilidade de ventos, luz natural, vegetação nativa, entre outros aspectos – que estabelecem as condições ideais de conforto físico e psicológico dos usuários no espaço arquitetônico

Um exemplo em que se encontra uma condição climática adequada para o aproveitamento da ventilação natural é a cidade de Maceió-AL. Por possuir um clima quente e úmido, o conforto térmico deve ser priorizado a partir da utilização de grandes aberturas para o maior aproveitamento da ventilação natural. Portanto, Maceió foi escolhida como ambiente de estudo.

Pode-se dizer que o conforto térmico é o estado em que a sensação de bem estar do homem em relação às condições térmicas do ambiente em que ele se encontra é satisfatória. Condições que não gerem este bem estar pode causar a sensação de desconforto por calor ou por frio. Vários fatores, como as condições ambientais e as características fisiológicas das pessoas, influenciam no conforto térmico. Segundo Frota e Schiffer (2001), os índices de conforto procuram englobar em um parâmetro o efeito conjunto das variáveis climáticas, visando analisar até que ponto o parâmetro escolhido pode interferir na sensação de conforto do indivíduo. Índices como a Temperatura Efetiva, a Temperatura Operativa e a Temperatura Neutra foram obtidos através de simulação computacional e utilizados neste trabalho para a avaliação de desempenho térmico da creche em estudo.

Este tema do desempenho térmico de edificações escolares construídas com projetos padrão vem sendo abordado em vários estudos acadêmicos no Brasil, como em Lamenha (2016) e Milan (2015). Com a utilização de variadas metodologias, seja com os parâmetros utilizados para elaboração deste trabalho ou baseados em normas como a NBR 15.575 e a ASHRAE Standard 55, estes estudos buscam avaliar o desempenho dos projetos quanto ao conforto térmico dos usuários e apontar quais adaptações poderiam ser realizadas para a implantação dos mesmos, melhorando o seu desempenho.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho térmico do projeto da creche padrão do programa Proinfância do MEC/FNDE com base em índices de conforto, identificando o comportamento da ventilação natural no interior dos ambientes quanto à distribuição dos fluxos de ar e aos períodos e intensidade do desconforto térmico durante o período letivo da creche, analisando-se a interferência da velocidade do ar nas condições de conforto térmico nos ambientes internos da edificação.

3. MÉTODO

A seguir serão apontados quais métodos e instrumentos foram utilizados para a análise do desempenho térmico do estudo de caso. Serão descritos os procedimentos empregados para se obter uma visualização

qualitativa da distribuição dos fluxos de ar no projeto e os dados quantitativos do seu comportamento quanto ao conforto térmico.

3.1. Estudo de Caso

A tipologia de creche do programa Proinfância escolhida para estudo de caso deste trabalho foi a Tipo B. Esta tipologia apresenta um projeto com capacidade para atendimento de até 224 crianças, divididas em dois turnos (matutino e vespertino) e 112 crianças em período integral. É destinada a crianças na faixa etária de 0 a 5 anos e 11 meses. As crianças de 0 a 4 anos de idade são alocadas em Creches e as de 4 a 5 anos e 11 meses em Pré-escolas. Para realização das atividades, as crianças são distribuídas da seguinte maneira: Creche I: crianças de 0 a 18 meses, Creche II: crianças de 18 meses até 3 anos, Creche III: crianças de 3 anos até 4 anos e Pré-escola: crianças de 4 anos até 5 anos e 11 meses. Os terrenos considerados ideais para implantação desta tipologia são os retangulares com medidas de 40 m de largura por 70 m de profundidade, tendo declividade máxima de 3%.

3.2. Instrumento de avaliação Mesa D'água – Análise Qualitativa dos modelos reduzidos

3.2.1. Definição do modelo em estudo

O modelo utilizado para a simulação da mesa d'água adota a implantação sugerida pelo Projeto Padrão, com quatro blocos: bloco administrativo, bloco de serviços, blocos pedagógicos e multiuso (ver Figura 1). As aberturas foram representadas considerando-se apenas os vãos livres para passagem do vento. Serão analisados exclusivamente os ambientes de sala de aula.

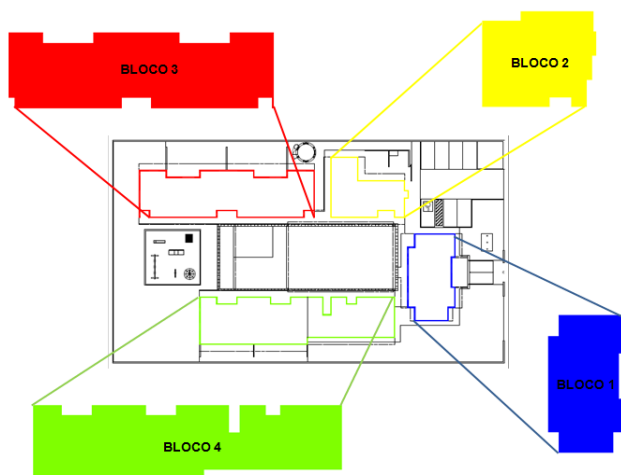


Figura 1 – Planta baixa do modelo de simulação (AUTOR, 2015).

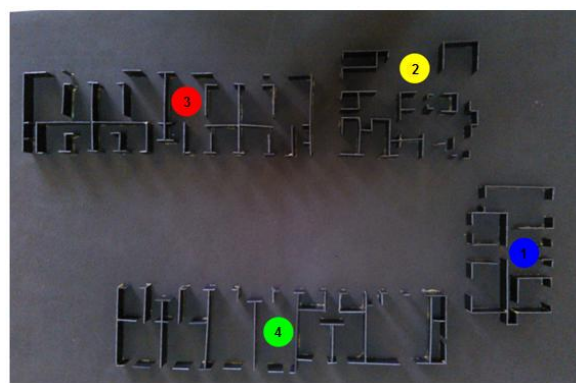


Figura 2 – Modelo reduzido pronto. 1- Bloco Administrativo. 2- Bloco de Serviços. 3- Bloco Pedagógico. 4- Bloco Pedagógico e Multiuso. (AUTOR, 2015).

3.2.2. Confeção dos modelos reduzidos

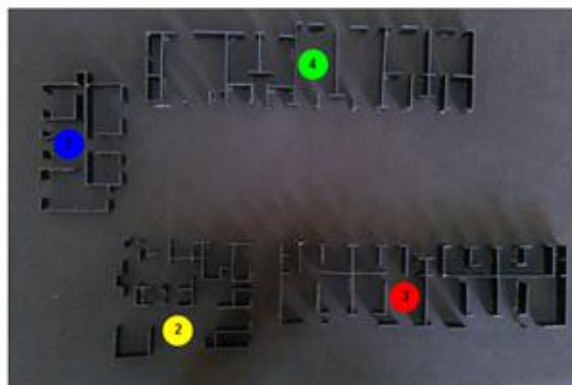
Para a elaboração do modelo reduzido (ver Figura 2) foi escolhida a escala 1:125, para possibilitar o enquadramento das orientações para simulação na mesa d'água existente no Laboratório de Conforto Ambiental da UFAL. Utilizou-se plástico rígido na cor preta, que permite a visualização do escoamento da espuma branca no momento da simulação. A representação dos blocos em planta baixa apresenta altura de corte a 1,5m do chão. As aberturas foram representadas como vão livres desde o chão, desconsiderando-se o peitoril.

3.2.3. Definição das orientações para simulação de escoamento dos ventos

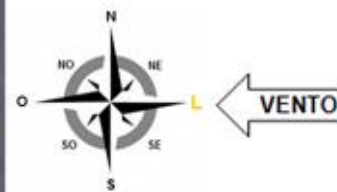
As orientações para as simulações foram definidas de maneira que os blocos 3 e 4, onde estão situadas as salas de aula, ficassem com suas maiores fachadas voltadas para Norte-Sul. Desta forma, foram consideradas as três incidências de ventos predominantes na cidade de Maceió: Leste, Sudeste e Nordeste. Sendo assim, foram estipuladas duas implantações, com duas possibilidades de incidência de ventos para cada orientação: Sudeste 1 e 2, Leste 1 e 2 e Nordeste 1 e 2. No total, serão consideradas seis orientações diferentes (Ver Figura 3).

A.

- 1 Bloco Administrativo
- 2 Bloco de Serviços
- 3 Bloco Pedagógico
- 4 Bloco Pedagógico e Multiuso



INCIDÊNCIA 1



B.

- 1 Bloco Administrativo
- 2 Bloco de Serviços
- 3 Bloco Pedagógico
- 4 Bloco Pedagógico e Multiuso



INCIDÊNCIA 2

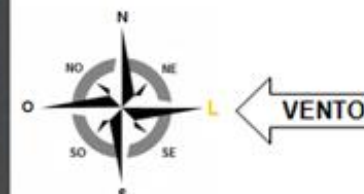


Figura 3 - Representação das orientações do modelo reduzido para posicionamento na mesa d'água. A. Incidência 1. B. Incidência 2 (AUTOR, 2015).

3.3. Simulação Computacional: EnergyPlus (e+)

As simulações do comportamento térmico dos ambientes foram desenvolvidas com o software EnergyPlus V.8.1.0. Definiu-se que seriam utilizados dois ambientes de permanência prolongada das crianças (salas de aula): o que obteve o melhor resultado na mesa d'água e o que obteve o pior. Foram feitas simplificações na geometria dos ambientes, a fim de possibilitar o cálculo dos coeficientes de pressão de vento pelo próprio *software*, limitado a ambientes retangulares (ver Figura 4 e Figura 5)¹.

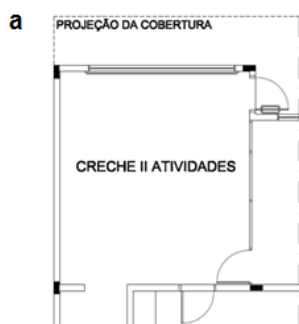


Figura 4 – a. Planta Baixa original Creche II Atividades. b. Planta baixa alterada (MEC/FNDE, 2013, adaptado).



Figura 5 – a. Planta Baixa original Pré-escola. b. Planta baixa alterada (MEC/FNDE, 2013, adaptado).

Considerou-se a implantação original do projeto padrão (vide Figura 3). A modelagem da geometria para simulação no programa foi feita no programa GoogleSketchUp 8 Pro com a utilização do plugin OpenStudio².

¹ As alterações foram feitas buscando simplificar a geometria o mais próximo possível da realidade, respeitando as orientações das aberturas. Estas pequenas mudanças não causam distorções significativas nos resultados das simulações.

² O plugin utilizado é disponibilizado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos neste link: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>.

Utilizou-se o arquivo climático da cidade de Maceió-AL, no formato EPW, revisado no ano de 2012 e disponível no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE, 2015). Considerou-se como período letivo da creche os meses de Fevereiro a Junho e Agosto a Novembro, com férias nos meses de Janeiro, Julho e Dezembro, sendo seu horário de funcionamento de 06h às 18h. A ocupação dos ambientes foi estabelecida com base em recomendações feitas pelo Ministério da Educação (MEC): para cada grupo de 15 crianças de 3 anos e de 20 crianças de 4 a 6 anos se tenha um professor. Portanto, considerou-se que a ocupação da creche seria de 16 pessoas e a da pré-escola 21 pessoas. Considerou-se que as crianças estariam realizando atividades sentadas e o professor realizando atividades em pé, em movimento. O horário em que as esquadrias ficam abertas é o mesmo horário estabelecido para o funcionamento da creche.

3.4. Parâmetros de avaliação do desempenho térmico

Para análise de desempenho do projeto em estudo foram adotados dois parâmetros: o percentual de horas de desconforto e a temperatura efetiva.

Os graus horas de desconforto foram contabilizados em função da temperatura operativa, correspondente à média aritmética entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média. Baseando-se na ASHRAE Standard 55 (2010), que apresenta valores limites de temperatura operativa para ambientes naturalmente ventilados, foi estipulado para a cidade de Maceió como limite superior da temperatura de conforto 28°C, considerando-se um percentual de aceitabilidade de 90%. As horas nas quais as temperaturas operativas excederam 28°C foram contabilizadas como horas de desconforto, calculando-se os percentuais mensais de horas de desconforto.

A Temperatura Efetiva (TEF), que é empregada para avaliar o conforto térmico em ambientes internos, demonstra o efeito combinado da temperatura e umidade do ar e da velocidade do ar na sensação térmica dos indivíduos, por meio do nomograma de temperatura efetiva (FROTA E SCHIFFER, 2001), considerando-se a vestimenta e a atividade exercida (Figura 6). A TEF foi utilizada para estimar o efeito da velocidade do ar na sensação térmica dentro dos ambientes em estudo durante o ano. O Nomograma de Temperatura utilizado é aplicável para pessoas em atividade sedentária, vestidas com 0.5 clo (ver Figura 6) (KOENIGSBERGER et al., 1977). Foram utilizados para o cálculo de TEF apenas as temperaturas de bulbo seco (TBS) máximas de cada mês e as umidades relativas correspondentes, obtidas a partir das simulações computacionais.

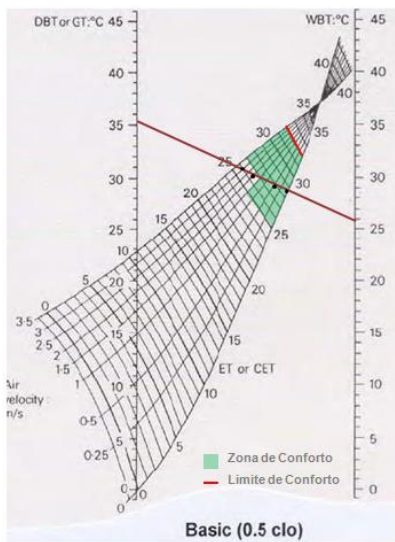


Figura 6 – Nomograma de TEF para pessoas vestidas com 0.5 clo, com exemplo de aplicação (KOENIGSBERGER, O. H. ET AL, 1977 Adaptado).

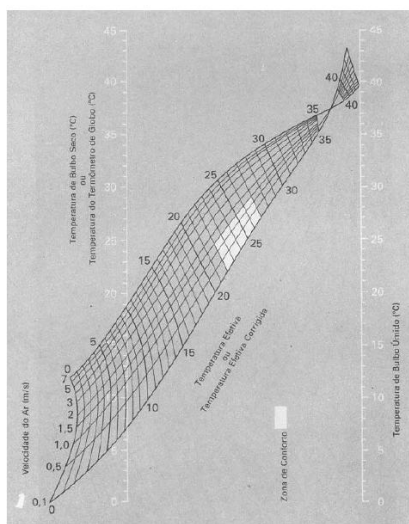


Figura 7 – Nomograma de TEF para pessoas vestidas com 1.0 clo (FROTA E SCHIFFER, 2001).



Figura 8 – Simulação dos efeitos da temperatura de conforto nas diferentes atividades, com diferentes vestimentas (CORBELLA E YANNAS, 2003).

A zona de conforto delimitada no nomograma da Figura 6 foi definida a partir da zona de conforto existente no Nomograma de Temperatura Efetiva para pessoas vestidas com 1.0 clo (ver Figura 7). Para tal adequação, foi relacionada a temperatura de conforto para a atividade leve com 0.5 clo e a temperatura para 1.0 clo (ver Figura 8), obtendo uma diferença de 3 graus entre as duas. Considerando a temperatura média da zona de conforto existente no nomograma (24.5°C) somaram-se a ela estes 3 graus para cima e para baixo para obter as temperaturas limites de conforto, definindo assim a zona de conforto para atividade leve usando vestimenta de 0.5 clo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Experimentos com a mesa d'água

Segundo Bittencourt e Cândido (2008), “O tamanho, a forma e a localização das aberturas são os principais fatores determinantes da configuração do fluxo de ar no interior das construções”. Portanto, antes da confecção dos modelos reduzidos, foi feita uma análise do projeto arquitetônico padrão da tipologia B. Esta primeira análise foi feita sob o ponto de vista do escoamento da ventilação natural, considerando-se as características das aberturas (dimensionamentos, configurações e tipologias) e a organização espacial dos ambientes.

A disposição dos blocos que compõem a edificação favorece apenas uma parte dos ambientes, localizados a barlavento, enquanto os demais ambientes, situados em orientações opostas, não recebem ventilação. Isto acontece principalmente nos blocos 3 e 4, onde estão situadas as salas de maior permanência das crianças (Ver Figura 9). A maioria dos ambientes destes blocos apresentam janelas em apenas uma de suas fachadas, sendo a ventilação cruzada proporcionada pelas portas, quando abertas.

O dimensionamento e tipologia das esquadrias na maioria dos ambientes de permanência prolongada podem desfavorecer a ventilação, pois apesar de apresentarem uma esquadria que ocupa quase toda a largura da parede, proporciona a abertura de, no máximo, a metade do vão. Portanto, seria importante a escolha de outra tipologia de esquadria, como janelas pivotantes ou com venezianas fixas ou móveis, que possibilitassem um vão livre maior para ventilação.

A organização dos ambientes no bloco 3, dividida com salas de atividades de um lado e sanitários do outro, também pode prejudicar a ventilação. Como geralmente as portas dos banheiros são mantidas fechadas, os ambientes de permanência prolongada acabam não tendo outra abertura que funcione como saída de ar. Os blocos 1 e 2, onde estão situados os setores administrativo e de serviços, respectivamente, são os que possuem mais aberturas, que em sua maioria são situadas de maneira que podem proporcionar a ventilação cruzada, dependendo da orientação.

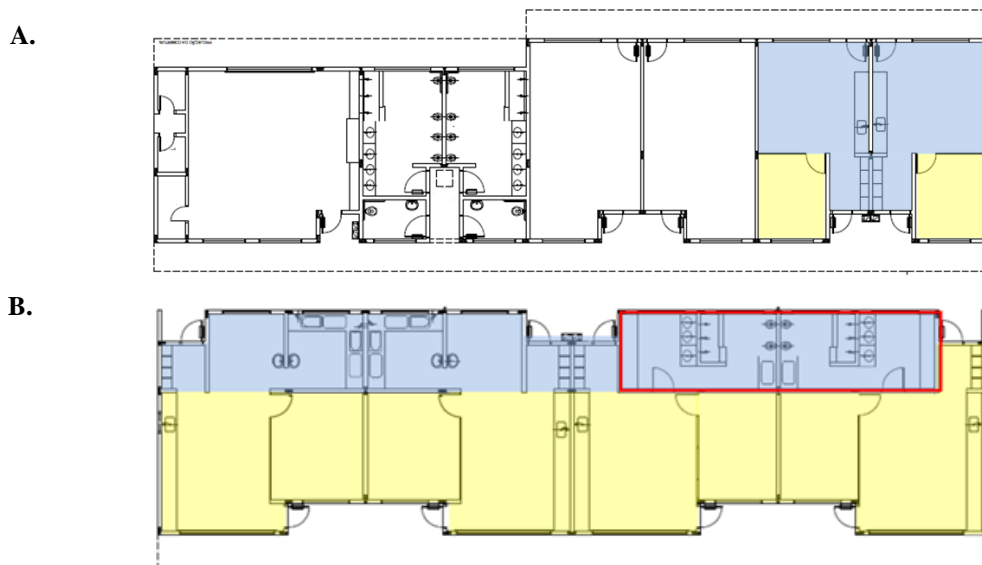


Figura 9 – Disposição dos ambientes. Em amarelo estão as salas de atividades, em azul os fraldários e em azul com contorno vermelho os sanitários. A. Bloco 3: Bloco Pedagógico. B. Bloco 4: Bloco Pedagógico e Multiuso (MEC/FNDE, 2013, adaptado).

Conforme descrito na metodologia, foram simuladas três incidências de ventos (Leste, Nordeste e Sudeste), considerando-se duas implantações do edifício. Após a realização dos seis ensaios, notou-se que as incidências Nordeste 2 e Sudeste 2 foram as que proporcionaram maior entrada de ventos na edificação, com maior escoamento do fluxo, enquanto a incidência Leste 1 obteve o pior resultado. A seguir será descrito o comportamento do fluxo dos ventos nestas três incidências.

NORDESTE 2: Todos os ambientes de permanência prolongada tiveram bom resultados nesta incidência, não existindo obstruções. A velocidade do escoamento dos ventos alta, existindo a ventilação cruzada no interior dos ambientes. (Ver Figura 10).

Descrição dos ambientes nas figuras: **1:** Secretaria; **2:** Sala de Professores; **3:** Diretoria; **4 e 7:** Creche I Atividades; **5, 6, 9, 10, 13 e 15:** Repouso; **8 e 11:** Creche II Atividades; **12:** Creche III; **16 e 17:** Pré-Escola; **18:** Sala Multiuso.

SUDESTE 2: Teve um comportamento semelhante à incidência Nordeste 2, onde os ambientes de permanência prolongada obtiveram bons resultados. Não existiram obstruções, acarretando em um fluxo intenso de ventos e também com ventilação cruzada. (Ver Figura 11).

LESTE 1: Esta incidência proporcionou um baixo fluxo de ventos nos blocos pedagógicos. Isto se deu em parte por uma grande obstrução na passagem dos ventos ocasionada pelo bloco administrativo. Outro aspecto negativo identificado foi que a incidência paralela às esquadrias dos blocos dificulta ou impede a entrada do vento. O bloco administrativo apresentou maior escoamento, mas nos dois ambientes onde se tem maior permanência no bloco, a Diretoria e a Sala dos Professores, o fluxo ocorreu com velocidade baixa. O bloco de serviços foi o que apresentou melhor distribuição dos fluxos de ar para esta incidência, por possuir aberturas nas quatro fachadas, possibilitando a ventilação cruzada (ver Figura 12).

As principais obstruções à passagem dos ventos observadas durante as simulações se devem à implantação dos blocos, que impedia a passagem do vento de um ambiente para o outro, ou pelo dimensionamento e/ou localização inadequada das aberturas, além da necessidade de novas aberturas para entrada ou saída do vento em alguns ambientes.

Pode-se afirmar que as incidências Nordeste 2 e Sudeste 2, de maneira geral, apresentaram comportamento semelhante da ventilação. Porém, levou-se em conta que a incidência de ventos na cidade de Maceió ocorre com maior frequência na orientação Sudeste, se comparada a Nordeste. Portanto, a incidência Sudeste 2 foi considerada a de melhor resultado (Ver Figura 14). O ambiente mais prejudicado em todas as simulações foi a Creche II Atividades e o que obteve os melhores resultados foi a Pré-Escola.

Nota-se que a circulação dos ventos nos ambientes poderia ser melhorada com a reorganização dos espaços. A locação dos sanitários paralelos as Creches II Atividades afetou significativamente o desempenho da ventilação neste ambiente, assim como a deficiência no dimensionamento ou ausência de aberturas de entrada e de saída. Nos blocos 3 e 4, a ventilação cruzada depende das portas internas na maioria dos ambientes. Para efeito de simulação, estas portas foram consideradas abertas, mas na realidade provavelmente elas seriam mantidas fechadas, não havendo, desta forma, outra abertura que proporcionasse a ventilação cruzada.

Sendo assim, esta reorganização espacial dos ambientes deveria ser feita de maneira que tornasse possível o uso de janelas em mais de uma das fachadas dos ambientes. O uso de elementos móveis nas esquadrias que proporcionam a passagem do vento tais como venezianas e bandeiras, por exemplo, também poderia melhorar o comportamento dos ventos, assim como a relocação ou o acréscimo de esquadrias em alguns casos.



Figura 10 – Simulação na mesa d'água para a incidência Nordeste 2 (AUTOR, 2015).



Figura 11 – Simulação na mesa d'água para a incidência Sudeste 2 (AUTOR, 2015).



Figura 12 – Simulação na mesa d'água para a incidência Leste 1 (AUTOR, 2015)

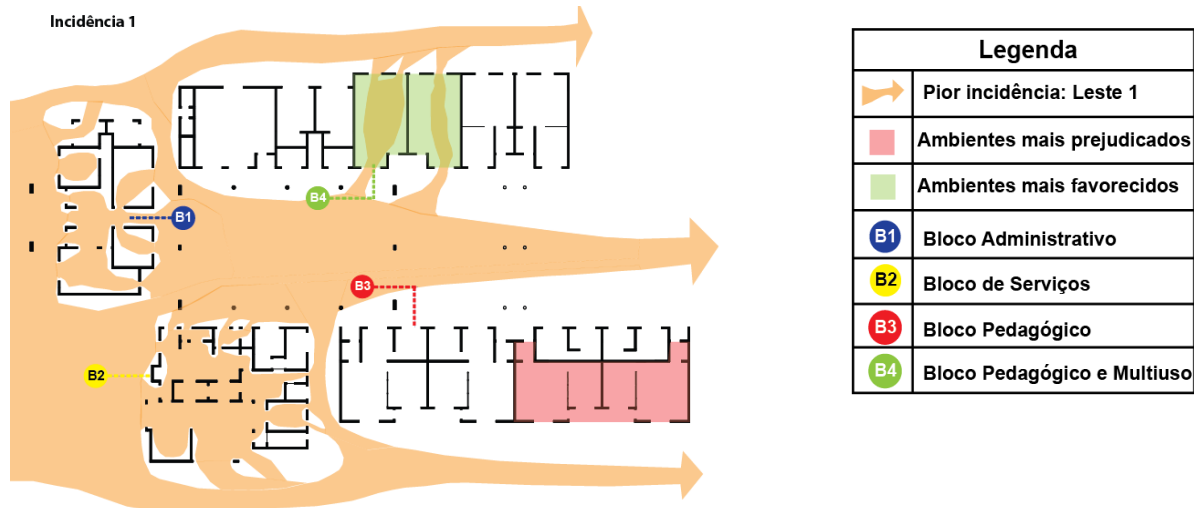


Figura 13 – Síntese dos resultados da simulação da mesa d'água para a incidência Leste 1 (AUTOR, 2015).

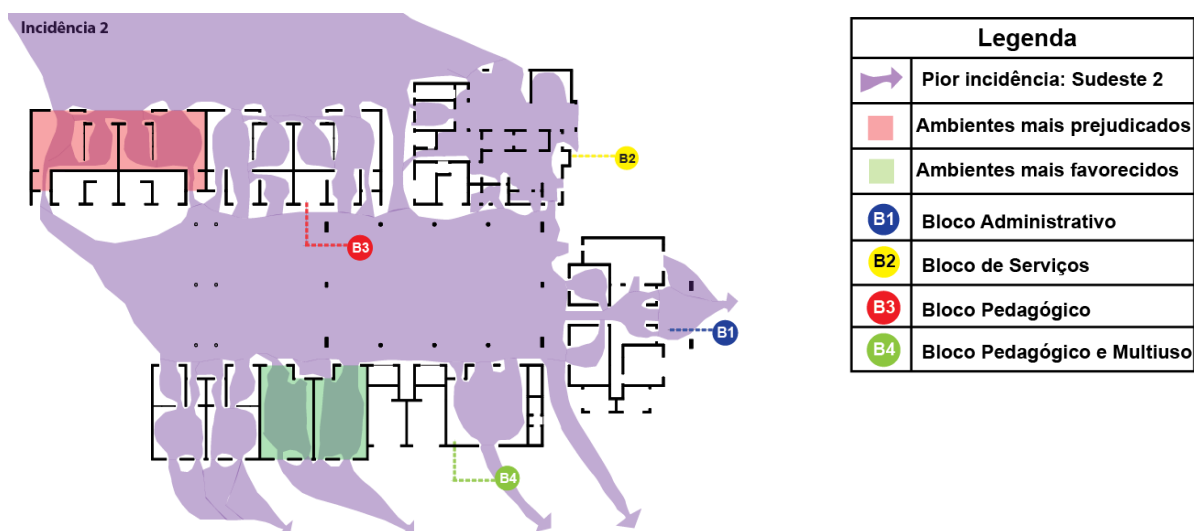


Figura 14 – Síntese dos resultados da simulação da mesa d'água para a incidência Sudeste 2 (AUTOR, 2015).

4.2. Simulação computacional no EnergyPlus (e+)

Conforme descrito na metodologia, a partir dos dados obtidos com as simulações desenvolvidas com o programa EnergyPlus, foram calculados os graus-hora de desconforto, o Percentual de Horas de Desconforto e a Temperatura Efetiva para os ambientes que obtiveram o pior e melhor resultado na simulação da mesa d'água, definidos no item anterior. Os ambientes são: Creche II Atividades e Pré-Escola, que apresentaram o pior e melhor resultados, respectivamente.

4.2.1. Percentual de Horas de Desconforto

Analisando a Figura 15, percebe-se que na maioria dos meses de ocupação da Creche em estudo, o percentual de horas de desconforto ultrapassou 60% nos ambientes analisados, considerando-se como limite superior de conforto a temperatura operativa de 28°C. Apenas nos meses mais frios (maio, junho e agosto), as horas de conforto do mês foram maiores do que as horas de desconforto.

Em ambos os ambientes, as horas de desconforto acontecem entre 09:00 e 18:00 horas, intensificando-se o

desconforto no período da tarde, no intervalo de 12:00 às 18:00 horas. Sendo assim, 9 das 12 horas de funcionamento da creche apresentaram situações de desconforto por calor. As

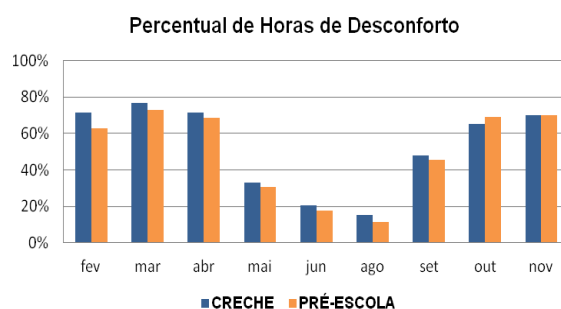


Figura 15 – Percentual de Horas de Desconforto (AUTOR, 2015).

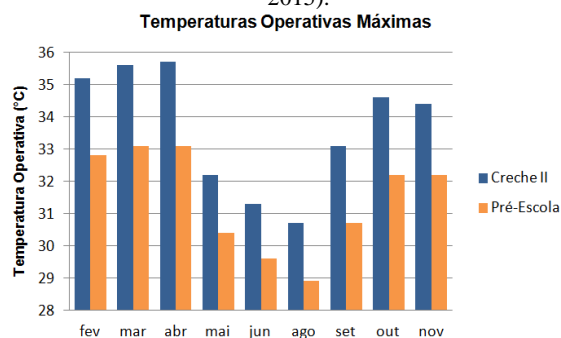


Figura 16 – Temperaturas Operativas Máximas (AUTOR, 2015).

temperaturas operativas internas nesse período excederam em até 7,7°C o limite de conforto adotado, 28°C (ver Figura 16).

Comparando-se os dois ambientes nas figuras 15, 16 e 17, percebe-se que a Pré-Escola obteve menos horas de desconforto do que a Creche II Atividades, assim como menores somatórios de graus/hora de desconforto por calor (ver Figura 17), sendo a diferença mais significativa no mês de fevereiro. Desta forma, observa-se que o ambiente que apresentou menos propensão para ventilação de acordo com o estudo realizado na mesa d'água, a Creche II atividades, apresentou maior desconforto. De acordo com o arquivo climático de Maceió, utilizado para a realização da simulação computacional, as temperaturas médias mensais na cidade variam entre 24°C e 28° aproximadamente, mantendo-se elevadas durante todo o ano. Isto mostra a importância da utilização de estratégias que amenizem estas temperaturas, para que se diminuam as horas de desconforto.

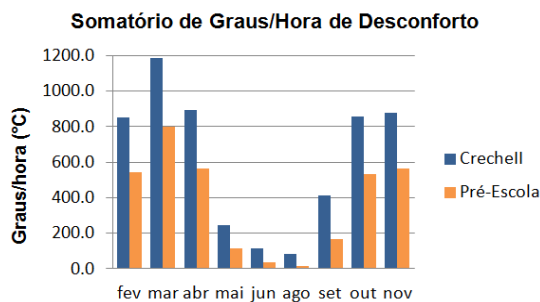


Figura 17 – Somatório de Graus/Hora de Desconforto (AUTOR, 2015).

4.2.2. Temperatura Efetiva (TEF)

Para o cálculo da Temperatura Efetiva foram utilizados os dados de Temperatura de Bulbo Seco (TBS) e Temperatura de Bulbo Úmido (TBU), em função de velocidades do ar, para os dois ambientes, separadamente. Vale destacar que os procedimentos de simulação e os experimentos com a mesa d'água realizados não possibilitam o cálculo das velocidades do ar obtidas no interior dos ambientes. Portanto, as temperaturas efetivas calculadas representam valores hipotéticos, caso a velocidade do ar no interior desses ambientes variasse no intervalo considerado (0 a 3 m/s).

As TEFs foram calculadas apenas para os valores máximos de TBS obtidos em cada mês e suas respectivas TBUs. Os valores das temperaturas efetivas foram calculados em função de diferentes velocidades do ar, visando analisar o impacto que estas variações de velocidade causariam na sensação de conforto térmico. Ao longo dos cálculos, notou-se que as temperaturas efetivas da Creche II Atividades foram superiores em pelo menos 1°C em relação àquelas obtidas pela Pré-Escola. Conforme se elevou a velocidade do ar, em ambos os ambientes, a TEF apresentou reduções que variaram de 0,3 a 1,7°C. Desta maneira, percebe-se que a velocidade do ar é um fator de bastante importância na sensação de conforto de um ambiente.

As Figuras 18 e 19 mostram uma síntese do comportamento das temperaturas efetivas em função da velocidade do ar nos dois ambientes. Percebe-se que com o incremento da ventilação natural a Creche II atividades apresentaria um melhor desempenho, pois as temperaturas efetivas calculadas para diferentes velocidades do ar permaneceram enquadradas na zona de conforto considerada em maior proporção do que as da pré-escola. Nota-se que as linhas dos indicadores de velocidade do gráfico da pré-escola apresentam um maior afastamento entre si do que as da Creche II. Isto demonstra que as temperaturas efetivas deste ambiente apresentam uma maior variação em função da velocidade do ar.

Esta maior sensibilidade à velocidade do ar fez com que as TEFs deste ambiente se reduzissem a ponto de se enquadrar abaixo do limite inferior da zona de conforto, podendo provocar desconforto por frio. Isto ocorreu a partir da velocidade de 0,5 m/s. Porém, é importante destacar que nos meses mais quentes do ano (fevereiro, março, abril, outubro e novembro), onde a sensação de desconforto por calor é esperada, as temperaturas efetivas se mantiveram dentro da zona de conforto.

Na Creche II as temperaturas efetivas que se enquadraram abaixo da zona de conforto ocorreram com menor intensidade, a partir da velocidade de 1 m/s, e assim como na Pré-Escola, nos meses mais frios do ano. Já nos meses mais quentes, suas TEFs também se enquadraram dentro da zona de conforto, para todas

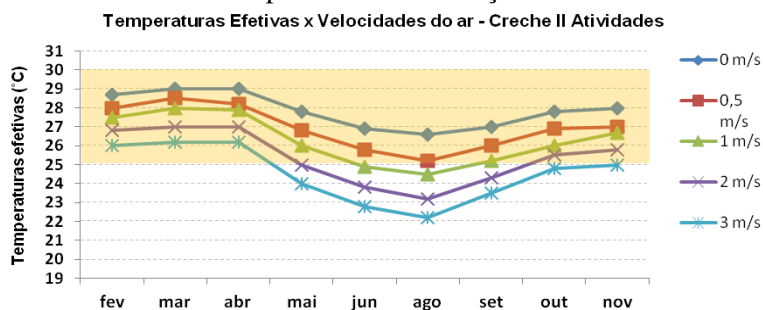


Figura 18 – Temperaturas Efetivas x Velocidade do ar para a Creche II Atividades, com zona de conforto entre 25°C e 30°C (AUTOR, 2015).

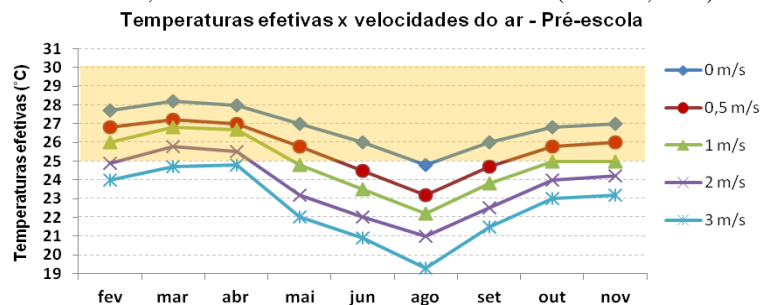


Figura 19 – Temperaturas Efetivas x Velocidade do ar para a Pré-Escola, com zona de conforto entre 25°C e 30°C (AUTOR, 2015).

as velocidades do ar estimadas.

A sensação de desconforto por frio poderia ser resolvida de maneira simples: com o fechamento das aberturas ou através do acréscimo de vestimentas.

Vale ressaltar que o impacto da ventilação na sensação de conforto, demonstrado na Figura 19 em função da variação da temperatura efetiva, é esperado no ambiente real da Pré-Escola, pois os ensaios com a mesa d'água demonstraram que o ambiente apresenta um escoamento do ar satisfatório. No caso da Creche Atividades II, faz-se necessária a alteração das suas aberturas, a fim de favorecer a captação da ventilação com velocidades capazes de promover o conforto térmico, visto que este ambiente não apresentou resultados satisfatórios nos experimentos realizados com a mesa d'água.

A partir das análises dos resultados apresentadas, pode-se dizer que, dentro das condições estimadas nos ambientes em estudo, a ventilação seria um fator de influência positiva na sensação de conforto térmico dos usuários, tendo em vista que as variações de sua velocidade favoreceram o enquadramento das temperaturas efetivas na zona de conforto nos meses mais quentes, onde se apresentou um maior percentual de desconforto por calor.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, constatou-se que fatores como a implantação do edifício no terreno e a orientação escolhida afetam diretamente o seu desempenho térmico, além dos fatores climáticos e ambientais. Portanto, é essencial que o projeto seja flexível à adequação destes fatores diante do contexto de cada local.

O projeto em estudo apresentou alguns fatores que prejudicaram escoamento dos ventos nos ambientes internos, tais como: a organização espacial desfavorável à captação da ventilação em alguns ambientes, o dimensionamento insuficiente e configuração inadequada das esquadrias e o posicionamento desfavorável das aberturas de entrada e saída de ar. Os ambientes que apresentaram estes fatores obtiveram falhas na distribuição do fluxo de ar em seu interior. Quanto ao desempenho térmico, estes apresentaram, durante todo o período letivo, temperaturas fora da zona de conforto. De acordo com os resultados obtidos para os ambientes da Creche II Atividades e da Pré-Escola os usuários passariam a maior parte das horas do ano letivo em situações de desconforto por calor, sendo os meses mais quentes (fevereiro, março, abril, outubro e novembro) os mais críticos.

Como relatado ao longo do trabalho, em climas quentes e úmidos a ventilação natural deve ser aproveitada da melhor maneira possível, permitindo a renovação do ar e evitando a retenção de umidade no interior dos ambientes. A redução dos ganhos de calor é de extrema necessidade para que se obtenha o conforto no interior da edificação. A velocidade do ar pode amenizar estas situações de desconforto. Os resultados do estudo para a estimativa das temperaturas efetivas, que dependem da umidade e a velocidade do ar, apontaram que à medida que a velocidade do ar aumenta, a temperatura interna dos ambientes sofre reduções significativas. Tais reduções, porém, poderiam até resultar em desconforto por frio durante alguns meses do ano. Entretanto, tal problema seria de fácil solução, a partir da adaptação da vestimenta dos usuários ou com o fechamento das aberturas.

Sendo assim, para que o desempenho dos ambientes em estudo seja melhorado, sugere-se a alteração da configuração, do dimensionamento e do posicionamento das aberturas a fim de favorecer a ventilação cruzada, bem como a organização espacial dos ambientes. Esta deve ser estabelecida a fim de evitar a obstrução dos fluxos de ar, de modo que a disposição dos blocos da edificação favoreça a captação dos ventos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSI/ASHRAE Standard 55. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2010.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.. **Manual de Conforto Térmico**, 2001. 5ª edição, 2001.
- BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C.. **Introdução à Ventilação Natural** – 3ª ed. ver. e ampl. – Maceió: EDUFAL, 2008.
- CORBELLA, O.; YANNAS, S.. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro, 2003.
- KOENIGSBERGER, O. *et alii.*. **Vivienda y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Trad. Emilio Romero Ros. Madrid, 1977.
- LABEEE. **Arquivo Climático de Maceió**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2015.
- LAMENHA, M. A.. **A escola técnica do programa Brasil profissionalizado: um projeto padrão para diferentes zonas bioclimáticas?** FAU – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2016.
- MILAN, V. B.. **Desempenho térmico : análise de uma edificação escolar padrão proinfância instalada no município de Camaquã**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- MEC. **Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil – Proinfância**. Ministério da Educação, 2013.
- UNITED STATES (U.S.). **Department of Energy**. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>