

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES DESPORTIVAS EM SANTA MARIA - RS

Maristela Guareschi (1); Joaquim César Pizzutti dos Santos (2)

(1) Arquiteta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, m Guareschi@caxias.rs.gov.br

(2) Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, joaquim@smail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Av. Roraima,
1000 – Cidade Universitária – Bairro Camobi – Santa Maria-RS, 97105-900 –Tel.: (55) 3220 8837

RESUMO

Este trabalho resulta de uma dissertação de mestrado cujo objetivo foi analisar o desempenho térmico apresentado por edificações desportivas na cidade de Santa Maria – RS, relacionando aspectos projetuais, construtivos e climáticos dos edifícios monitorados, para então propor recomendações de projeto visando à adequação deste tipo de edificação ao clima temperado que caracteriza a cidade. No contexto desta pesquisa, edificações desportivas correspondem aos ginásios onde a quadra é delimitada por paredes, constituindo, na maior parte dos casos, um edifício de grande volumetria com formato retangular em planta. A ênfase da análise se volta ao compartimento da quadra. A abordagem se deu pela análise dos dados adquiridos com o monitoramento das temperaturas internas e externas de quatro edificações, tidas como mais representativas de um total de vinte edificações levantadas. O comportamento térmico observado nos edifícios estudados indica que o maior volume, maiores valores de inércia térmica e a ventilação seletiva mostram-se como as características mais relevantes para que os ginásios apresentem um desempenho positivo em relação ao clima local. A contribuição deste trabalho está trazer informações sobre um tema pouco explorado como é o desempenho térmico de edificações desportivas, e também por apresentar recomendações de projeto, que podem ser empregadas em ginásios a serem executados nos locais com condições climáticas semelhantes as do estudo.

Palavras-chave: desempenho térmico; edificações desportivas.

ABSTRACT

This paper results from mastership dissertation whos objective was to evaluate the thermal performance of sport buildings in Santa Maria – RS, by connecting projective, constructive and climatic aspects from the studied buildings, in order to propose project recommendations aiming the adaptation to the temper climate. In this research context, sport buildings are gymnasiums whose court is bound by walls; in most cases, they have great volumetry and rectangular shape in plan. The analysis's emphasis is about the court room. The approach was by parsing of date from the temperature measurement. Internal and external temperatures were measured in four buildings, regarded the most representative ones inside a total of twenty edifices. The thermal performance verified in studied buildings shows that great volume, higher values of thermal inertia and selective ventilation are the most relevant characteristics towards a building's positive performance in relation to the local climate. This study's contribution is to present informations about a little explored theme as the thermal performance of sport buildings, and also present project recommendations. These recommendations could be used in gymnasiums that will be executed in places with the climate conditions are alike to the study.

Keywords: thermal performance; sport buildings.

1. INTRODUÇÃO

As atividades esportivas proporcionam às pessoas uma vida mais saudável, promovendo bem-estar mental e a integração social dos indivíduos e “cada vez mais a atividade física está presente no nosso dia-a-dia, seja como lazer, esporte recreativo ou de competição” (COB, 2007). Os espaços que sediam essas atividades devem ser apropriados para as mesmas, garantindo condições de habitabilidade aos usuários.

RUAS (1999, p. 29) divide as variáveis que interferem no conforto térmico em variáveis de natureza ambiental (temperatura, velocidade do ar, umidade relativa) e variáveis de natureza pessoal (tipo de vestimenta e tipo de atividade física executada pelo usuário). Como o objetivo principal do trabalho foi analisar o desempenho térmico das edificações, e não seus níveis de conforto, foram abordadas as variáveis de natureza ambiental.

Em relação à ventilação, pode-se destacar o Índice de Ventilação Natural (IVN), bastante relevante nas etapas da metodologia desta pesquisa e nas análises realizadas. O Índice de Ventilação Natural é um método de cálculo apresentado por SCIGLIANO e HOLLO (2001) que permite quantificar a ventilação natural de uma edificação a partir do tamanho, quantidade e tipo de abertura das esquadrias em relação às dimensões do compartimento em planta. O índice representa o grau de eficiência da ventilação natural e é facilmente calculado relacionando-se a área de piso com a área e o formato das aberturas de ventilação.

A fim de estabelecer o IVN de um edifício, o primeiro passo para o cálculo é determinar os IVNs parciais correspondentes à entrada e à saída de ar, considerando como índice válido o menor destes valores, que geralmente variam de 0,15 a 4,00.

FROTA e SCHIFFER (1995, p.49) apresentam o conceito de Superfície Equivalente Pesada como forma de avaliar a inércia térmica total das edificações. Equivale ao somatório das áreas de parede, piso e teto multiplicados pela capacidade térmica de cada um dos materiais, e este valor dividido pela área de piso do compartimento, ou seja, a capacidade térmica total da edificação em relação à área do compartimento em planta.

Os climas temperados apresentam grande amplitude de temperatura anual, com estações claramente definidas e certo rigor climático em ambos os períodos de verão e de inverno. MENDONÇA e ASSIS (2003) apontam as dificuldades de aplicação de estratégias bioclimáticas que possam satisfazer as distintas necessidades de conforto ao longo de todo o ano, e principalmente não implicar efeitos paradoxais, onde as características arquitetônicas que propiciam condições térmicas favoráveis em determinado período comprometam as condições térmicas do mesmo espaço em outra época do ano.

1.1. Objeto de estudo

Santa Maria é uma cidade de médio porte localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul. Situa-se entre as coordenadas geográficas 29°39'53" a 29°43'56" de latitude Sul, 53°50'22" a 53°45' de longitude Oeste e apresenta altitudes médias de 100 metros (SAYDELLES, 2005).

De acordo com o Mapa de Clima do Brasil (2002), o município se enquadra na faixa de clima temperado mesotérmico brando (com temperaturas médias entre 10° e 15°C) super úmido. O Mapa de Unidades de Relevo do Brasil (2006) aponta a área como parte da Depressão Central Gaúcha, bastante próxima aos Patamares das Borda Oriental da Bacia do Rio Paraná.

Segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro que consta na NBR 15220-3 (2005), Santa Maria enquadra-se na Zona Bioclimática de número 2, onde o condicionamento térmico passivo é suficiente para serem mantidos níveis aceitáveis de conforto.

As quatro edificações monitoradas situam-se na zona urbana do município e como características comuns apresentam o formato retangular em planta, paredes de alvenaria, estrutura (pilares e vigas) de concreto e telhas metálicas. A estrutura da cobertura é metálica em três edificações, e composta por pórticos pré-moldados de concreto em uma delas. O uso principal das edificações destina-se à prática de esportes, tais como vôlei, futebol, handebol e atividades pedagógicas e recreativas para crianças.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise de desempenho térmico de edificações desportivas na cidade de Santa Maria, RS, e recomendações de projeto para que as futuras edificações sejam adequadas ao clima temperado.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos ocorreram da seguinte forma:

Primeiramente foram relacionadas as edificações desportivas de Santa Maria de acordo com os dados da Secretaria Municipal de Esporte e Lazer. Em vinte edificações desta relação foi realizado um levantamento preliminar, observando-se as principais características construtivas (forma, dimensões, materiais, etc.). A partir deste levantamento, foi possível calcular a capacidade térmica, a relação entre fechamentos opacos e transparentes e o Índice de Ventilação Natural (IVN).

Os critérios para escolha das edificações a serem monitoradas foram o *Volume* e o *Índice de Ventilação Natural (IVN)*. A fim de contemplar estes critérios foi estabelecido que o monitoramento se daria em :

- 1 Ginásio de maior volume pouco ventilado;
- 1 Ginásio de menor volume pouco ventilado;
- 1 Ginásio de menor volume ventilado;
- 1 Ginásio de maior volume ventilado.

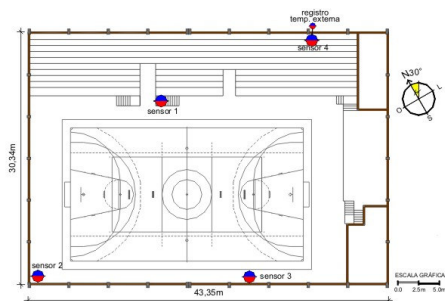
A tabela 1 apresenta os valores de volume, capacidade térmica, superfície equivalente pesada e IVN das quatro edificações monitoradas.

De posse dos registros de temperatura e dados do levantamento preliminar, as edificações foram analisadas com a realização das avaliações Bioclimática, de Dia Médio e de Graus-Hora de Desconforto.

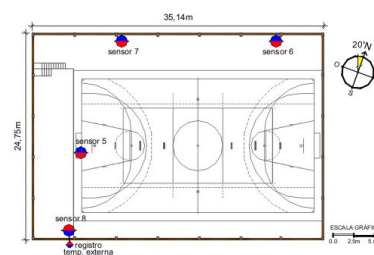
A figura 1 apresenta as plantas das edificações monitoradas, com indicação dos quatro pontos de medição.

Tabela 1– Características das edificações monitoradas

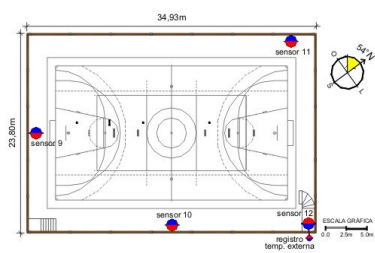
	Ginásio do Colégio Coração de Maria	Ginásio da Escola Paulo de Tarso	Ginásio do Colégio Santa Catarina	Ginásio SEST/SENAT
	Ginásio de maior volume pouco ventilado	Ginásio de menor volume pouco ventilado	Ginásio de menor volume ventilado	Ginásio de maior volume ventilado
Volume (m ³)	13.228,60	5.086,28	6.774,1	17.977,31
Capacidade térmica [kJ/(m ² .K)]	395.981,00	127.686,80	174.501,30	393.159,20
Superf. equiv. Pesada (kJ/K)	346,67	150,94	215,97	235,45
IVN	0,79	0,82	2,62	2,38



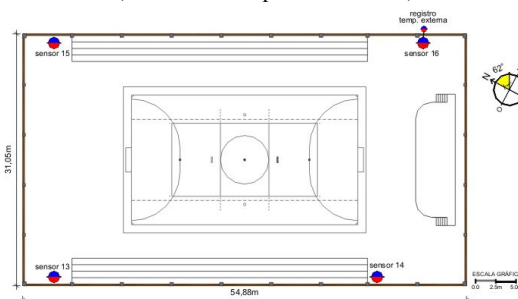
Ginásio do Colégio Coração de Maria
(Maior volume pouco ventilado)



Ginásio da Escola Paulo de Tarso
(Menor volume pouco ventilado)



Ginásio do Colégio Santa Catarina
(Menor volume ventilado)



Ginásio SEST/SENAT
(Maior volume ventilado)

Figura 1 – Plantas das edificações monitoradas.

2.1. Equipamentos

Em cada edificação foram empregados quatro sensores Hobo (Onset Corporation Ltda.), sendo que os aparelhos mediram as temperaturas em quatro pontos diferentes no interior da edificação, e um dos equipamentos registrou também a temperatura externa através de um cabo anexado. A extremidade externa do cabo permaneceu acondicionada em uma caixa de poliestireno expandido revestida com papel alumínio, com aberturas para ventilação, posicionada sob os beirais das fachadas que não recebiam insolação direta.

2.2. Período de monitoramento

O monitoramento das temperaturas foi dividido em duas etapas, ocorridas nos períodos de verão e inverno, simultaneamente nas quatro edificações. A primeira série de medições foi a de verão, em março de 2007, durante 13 dias e 18 horas (de 5 a 18 de março), com registro das temperaturas a cada cinco minutos. A série de medições de inverno deu-se no mês de julho de 2007, pelo período de 13 dias e 18 horas (de 8 a 21 de julho), com registro das temperaturas a cada cinco minutos.

3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Nas duas primeiras avaliações, denominadas Bioclimática e de Dia Médio, o objetivo era analisar a adequação da edificação ao clima temperado de Santa Maria e aos períodos de verão e inverno.

Na terceira avaliação determinou-se um intervalo de conforto e os Graus-Hora de Desconforto com emprego do método alternativo proposto pela ASHRAE (2004). Foram, então, comparados os valores de temperatura atingidos no interior de cada edificação com os limites de conforto estabelecidos de acordo com a norma ASHRAE (2004), com o objetivo de verificar as condições de conforto nos períodos de monitoramento.

3.1. Avaliação Bioclimática

Nesta avaliação os fatores que intervêm no desempenho térmico foram analisados de forma conjunta, estabelecendo-se relações entre a configuração climática local e as características projetuais e construtivas das edificações em estudo, com o objetivo de verificar a adequação das edificações ao clima temperado de Santa Maria. Tem-se em RIVERO (1985) que, em regiões de clima temperado, considera-se positivo o desempenho térmico das edificações capazes de amenizar os extremos de temperatura externa.

A partir dos resultados da medição das temperaturas apresentados na figura 2, pôde-se observar no Ginásio do Colégio Coração de Maria a redução de amplitude da curva de temperaturas internas em relação às externas. Este fato ocorre em função do grande volume da edificação (que faz com que o calor absorvido pela cobertura não influencie as temperaturas internas ao nível do usuário) e do valor de inércia térmica apresentado pelo ginásio: 346,67 kJ/K, o mais alto verificado dentre as edificações analisadas (tabela 1). Este ginásio mostra-se adequado ao clima temperado de Santa Maria por configurar-se como uma edificação de maior inércia térmica, que influencia mais positivamente o desempenho da edificação no período de verão.

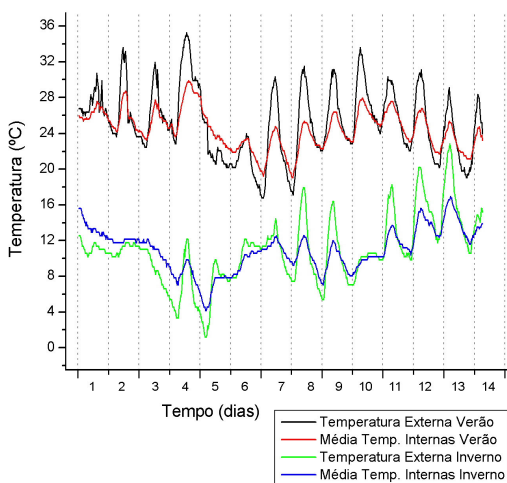


Figura 2 – Variação de temperaturas de verão e inverno no **Ginásio do Colégio Coração de Maria** (Maior volume pouco ventilado)

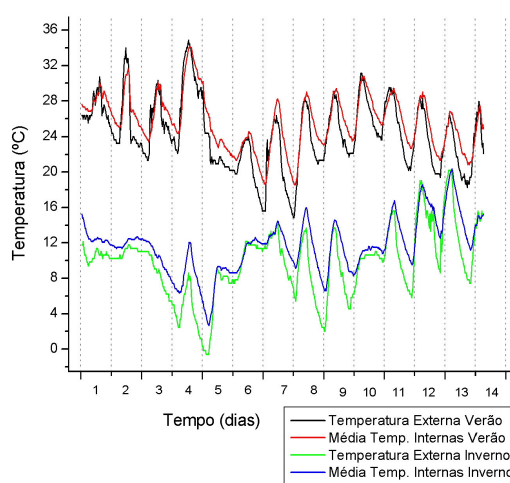


Figura 3 – Variação de temperaturas de verão e inverno no **Ginásio da Escola Paulo de Tarso** (Menor volume pouco ventilado)

O gráfico do Ginásio da Escola Paulo de Tarso, na figura 3, mostra que a edificação praticamente não promove a redução da amplitude térmica externa, que se dá em função da baixa inércia térmica do conjunto construído, cujo valor de superfície equivalente pesada é de 150,94 kJ/K, o menor dentre as quatro edificações em estudo (tabela 1). As temperaturas internas mostram-se superiores às externas em decorrência do menor volume de ar existente no interior do prédio, que faz com que o calor absorvido pela cobertura seja irradiado para o interior e atinja os usuários e elementos no nível do piso. O clima de Santa Maria apresenta-se com maior rigor no período de verão, de maneira que este ginásio se mostra inadequado para tal clima, por acentuar as situações extremas de calor do meio externo.

No Ginásio do Colégio Santa Catarina (figura 4) pôde-se observar que as curvas de temperatura interna e externa apresentam traçados bastante semelhantes em função do intenso fluxo de ar no interior da edificação, que apresenta IVN igual a 2,62. A variação de temperaturas internas idêntica à variação das externas é típica de edificações abundantemente ventiladas. O ginásio se mostra inadequado à cidade de Santa Maria por não proporcionar o amortecimento necessário a fim de atenuar os extremos de temperatura diária e o relativo rigor característico dos climas temperados. A edificação da forma como foi executada estaria mais apropriada aos climas de menor amplitude térmica diária, com variações menos acentuadas entre mínimas e máximas, onde a condição para obter conforto é a de que as temperaturas internas acompanhem as externas.

Verifica-se que a ação da ventilação, apontada pela NBR 15220-3 (2005) como uma estratégia de condicionamento passivo no período de verão, quando não for seletiva e combinada a fechamentos de maior inércia e ao isolamento ou maior distanciamento da cobertura, não garante por si só que as edificações apresentem um comportamento térmico adequado ao clima da região estudada.

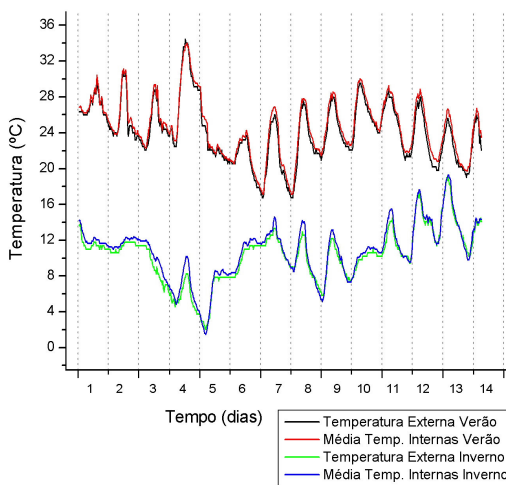


Figura 4 – Variação de temperaturas de verão e inverno no **Ginásio do Colégio Santa Catarina** (Menor volume ventilado)

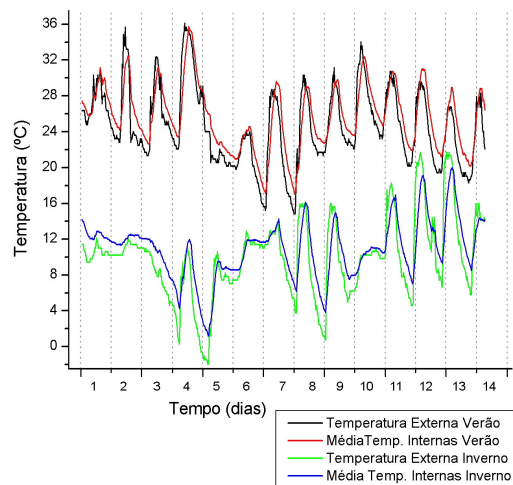


Figura 5 – Variação de temperaturas de verão e inverno no **Ginásio SEST/SENAT** (Maior volume ventilado)

O gráfico do Ginásio SEST/SENAT, na figura 5, indica proximidade entre as temperaturas internas e externas, conforme já visto no Ginásio do Colégio Santa Catarina, já que ambas as edificações apresentam valor de IVN superior a 2. Também pode ser visualizado um maior amortecimento quanto às temperaturas mínimas diárias, que se dá no período noturno, quando as portas da edificação (através das quais se tem o fluxo mais intenso de ar) estão fechadas, indicando que o controle da ventilação, apesar do grande volume de ar no interior da edificação, tem o poder de interferir no desempenho térmico da mesma. Caso este controle da ventilação ocorresse de forma a impedir o fluxo de ar nos intervalos de temperaturas mais elevadas externamente, a ação da mesma não representaria um ganho de calor para o edifício e seria suficiente para promover o resfriamento do ambiente interno retirando calor através da convecção.

Pode-se afirmar que esta edificação mostra-se parcialmente adequada ao clima de Santa Maria, considerando como pontos positivos o amortecimento ocasionado pelo porte da edificação, que apresenta grande volume de ar entre piso e cobertura e a possibilidade de controle de intensidade da ventilação no interior do prédio. Como aspecto negativo pode ser considerada a ventilação abundante, em consequência do manuseio atual das esquadrias, que seria mais apropriada aos climas de menor amplitude térmica diária.

3.2. Avaliação do Dia Médio

Nesta avaliação buscou-se analisar a capacidade de amortecimento térmico das edificações. Para tal, a partir da média das temperaturas dos três dias considerados mais representativos, foi gerada uma curva de variação diária, que nesta pesquisa convencionou-se chamar de Dia Médio. Nesta pesquisa também convencionou-se denominar:

- amortecimento em relação às temperaturas mínimas: a diferença entre a temperaturas mínima registrada no interior da edificação e temperatura mínima externa;
- amortecimento em relação às temperaturas máximas: a diferença entre a temperaturas máxima registrada no interior da edificação e temperatura máxima externa;
- redução de amplitude térmica diária: diferença de amplitude total entre as temperaturas internas e externas.

O Dia Médio de verão do Ginásio do Colégio Coração de Maria, conforme figura 6, mostra um grande amortecimento em relação às temperaturas máximas diárias e um valor bastante reduzido de amortecimento no sentido das mínimas. Este comportamento é típico nas edificações de maior inércia térmica e baixa ventilação natural. O desempenho térmico deste ginásio é adequado ao período de verão.

No Ginásio da Escola Paulo de Tarso (figura 7) pode ser verificada a quase inexistência de amortecimento em relação às temperaturas máximas, de forma que o desempenho térmico deste ginásio se mostra inadequado ao período de verão.

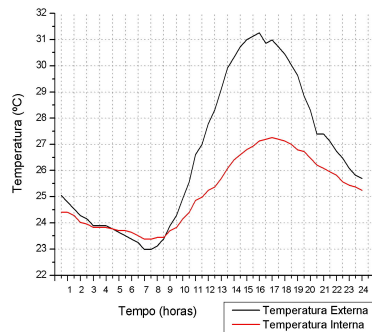


Figura 6 – Variação de temperaturas do Dia Médio de verão -
Ginásio do Colégio Coração de Maria
(Maior volume pouco ventilado)

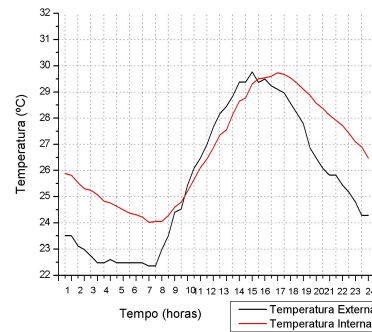


Figura 7 – Variação de temperaturas do Dia Médio de verão -
Ginásio da Escola Paulo de Tarso
(Menor volume pouco ventilado)

Em relação ao Ginásio do Colégio Santa Catarina, o gráfico da figura 8 indica que o amortecimento em relação às temperaturas máximas é negativo, ou seja, o calor do meio externo é intensificado no interior da edificação, logo o desempenho térmico que este ginásio apresenta é inadequado ao período de verão.

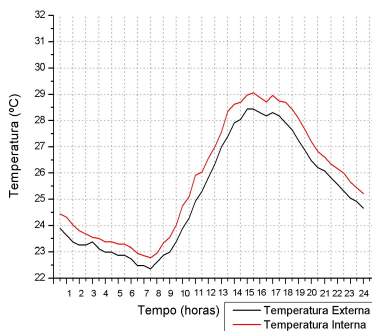


Figura 8 – Variação de temperaturas do Dia Médio de verão -
Ginásio do Colégio Santa Catarina
(Menor volume ventilado)

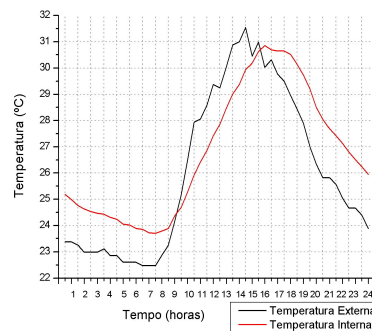


Figura 9 – Variação de temperaturas do Dia Médio de verão -
Ginásio SEST/SENAT
(Maior volume ventilado)

O gráfico de Dia Médio do Ginásio SEST/SENAT, na figura 9, aponta um maior amortecimento no sentido das temperaturas mínimas (coincidindo com a redução do fluxo de ar do período da noite),

enquanto o amortecimento em relação às máximas apresenta valor menor. Apesar da edificação propiciar a redução de amplitude térmica diária, ela não tem a capacidade de minorar temperaturas externas mais elevadas, ocorridas durante o dia. O desempenho térmico deste ginásio se mostra inadequado ao período de verão, em função da ventilação excessiva nos horários de temperatura externa mais elevada.

No período de inverno, a variação de temperatura de Dia Médio do Ginásio do Colégio Coração de Maria, ilustrada na figura 10, apontou para um maior amortecimento em relação às temperaturas máximas, como no verão, apresentando, porém, um valor mais elevado de amortecimento no sentido das mínimas do que o ocorrido no verão. Este aumento no amortecimento de um período para outro certamente decorre da diminuição do fluxo de ar com o fechamento das esquadrias na tentativa de proteção contra o frio.

Esta edificação apresenta comportamento térmico apropriado ao período de verão, mas no inverno um maior amortecimento nas temperaturas mínimas seria benéfico, e poderia ser obtido por estratégias que permitissem maiores ganhos térmicos no período do dia, através do melhor aproveitamento da radiação solar ou aumento da ventilação nos períodos em que a temperatura externa estivesse mais elevada do que a interna. O desempenho térmico deste ginásio se mostra inadequado ao período de inverno.

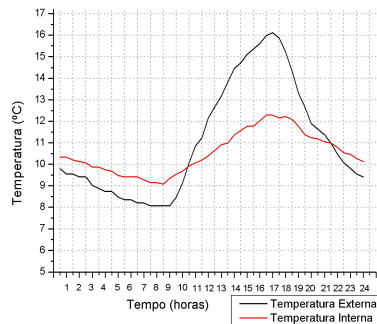


Figura 10 – Variação de temperaturas do Dia Médio de inverno - **Ginásio do Colégio Coração de Maria** (Maior volume pouco ventilado)

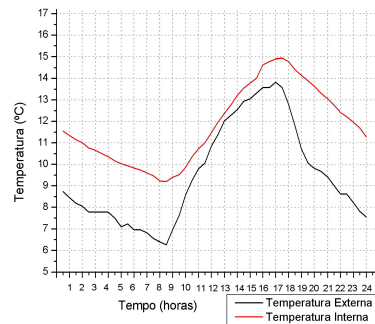


Figura 11 – Variação de temperaturas do Dia Médio de inverno - **Ginásio da Escola Paulo de Tarso** (Menor volume pouco ventilado)

No gráfico de Dia Médio de inverno no Ginásio da Escola Paulo de Tarso (figura 11), observam-se temperaturas internas relativamente mais altas, com maior diferença quando comparadas às externas do que as verificadas no período de verão, levando a crer, que apesar do baixo valor de IVN, a redução da ventilação do período de inverno colaborou ainda mais para a elevação das mesmas. Como a envolvente construída promove o aquecimento do ambiente interior em relação ao meio externo, pode-se afirmar que o desempenho térmico da edificação se mostra adequado ao frio do período de inverno.

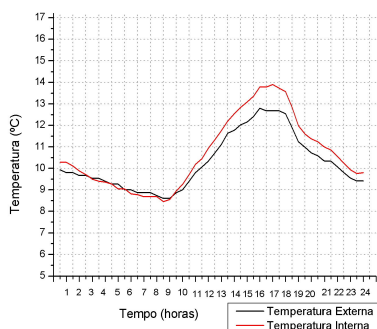


Figura 12 – Variação de temperaturas do Dia Médio de inverno - **Ginásio do Colégio Santa Catarina** (Menor volume ventilado)

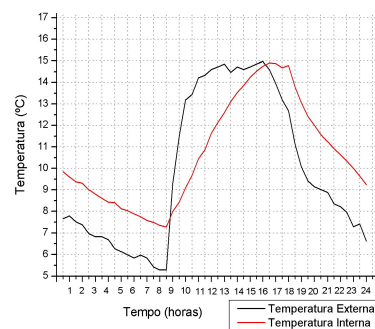


Figura 13 – Variação de temperaturas do Dia Médio de inverno - **Ginásio SEST/SENAT** (Maior volume ventilado)

No Ginásio do Colégio Santa Catarina, a curva de variação do Dia Médio de inverno da figura 12, mostra que, como ocorrido no verão, a amplitude térmica é maior no ambiente interno do que no externo, com a diferença de que no inverno o amortecimento em relação às mínimas atinge valores negativos. Em função de a edificação acentuar as condições do meio externo, tanto no sentido das temperaturas máximas quanto das mínimas, tem-se que o desempenho térmico diário da mesma se mostra adequado durante o período do dia, pois promove a elevação das temperaturas internas em relação às externas, e inadequado no

período noturno, já que neste são registradas no interior da edificação temperaturas inferiores as do ambiente externo. Este fato pode ser associado à ventilação não seletiva promovida pelos equipamentos de exaustão e pelo manuseio impróprio dos sistemas móveis das esquadrias.

Pôde ser observado no Dia Médio de inverno do Ginásio SEST/SENAT (figura 13) um incremento nos valores de temperatura interna em relação ao período de verão, já que o amortecimento foi reduzido quanto às máximas e aumentou no sentido das mínimas. Este fato está associado à diminuição do fluxo de ventilação, em função do fechamento das aberturas, que implicou em maior retenção do calor, elevando as temperaturas internas. O desempenho térmico deste ginásio se mostra adequado ao período de inverno. Pode-se destacar ainda que a operacionalidade das esquadrias permite certo controle quanto ao desempenho térmico da edificação, já que o amortecimento que se dá em relação às temperaturas máximas é maior no verão, e o que ocorre no sentido das mínimas mostra-se mais expressivo no período de inverno, de forma a proteger a edificação das características indesejáveis das duas estações.

3.3. Avaliação dos Graus-Hora de Desconforto

Nesta avaliação foi empregado o método alternativo proposto pela ASHRAE (2004) onde um intervalo de conforto é definido a partir da média mensal das temperaturas externas. O valor da média para o período de verão foi de 24,54°C, e o correspondente ao período de inverno foi de 10,21°C. De posse destes valores, puderam, então, ser determinados os intervalos de conforto para 80% de aceitabilidade: o intervalo de verão situa-se entre as temperaturas de 22 e 29°C, e o de inverno entre 17,5 e 24,5°C, e todas as temperaturas medidas fora deste intervalo representam os graus-hora de desconforto.

Os limites de conforto determinados foram superpostos às curvas de variação de temperatura dos Dias Médios de verão e inverno. Nas figuras 14, 15, 16 e 17 estão representados os gráficos de Dia Médio do período de verão.

Os valores de graus-hora de desconforto foram calculados a partir da integração dos trechos das curvas de temperatura situados fora dos limites de conforto. A figura 18 apresenta os valores de graus-hora de desconforto do período de inverno das quatro edificações analisadas.

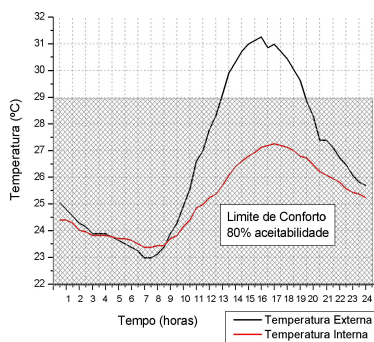


Figura 14 – Limites de conforto e variação de temperatura do Dia Médio de verão – **Ginásio do Colégio Coração de Maria** (Maior volume pouco ventilado)

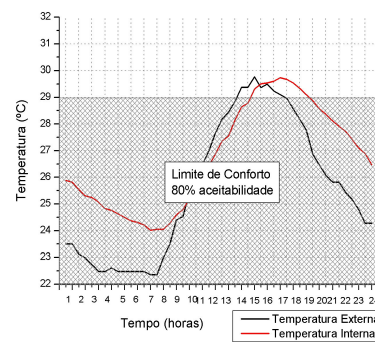


Figura 15 – Limites de conforto e variação de temperatura do Dia Médio de verão – **Ginásio da Escola Paulo de Tarso** (Menor volume pouco ventilado)

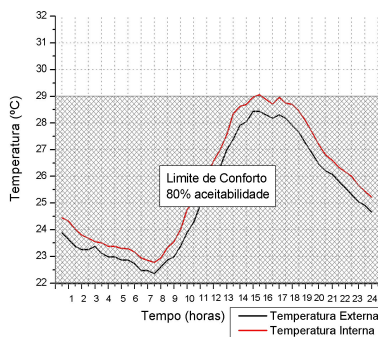


Figura 16 – Limites de conforto e variação de temperatura do Dia Médio de verão – **Ginásio do Colégio Santa Catarina** (Menor volume ventilado)

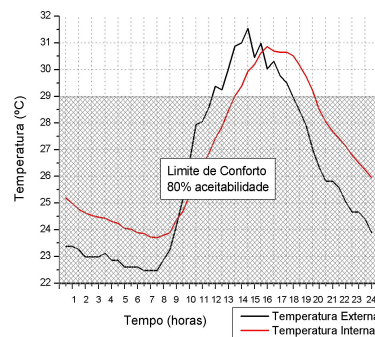


Figura 17 – Limites de conforto e variação de temperatura do Dia Médio de verão – **Ginásio SEST/SENAT** (Maior volume ventilado)

De acordo com a figura 14, verifica-se a situação mais favorável ocorrendo no Ginásio do Colégio Coração de Maria, onde as temperaturas internas não excedem o limite superior de 29 °C, em razão do amortecimento em relação às temperaturas máximas, já mencionado nas avaliações anteriores.

Os períodos de desconforto em função do calor podem ser visualizados nos ginásios da Escola Paulo de Tarso e SEST/SENAT (figuras 15 e 17) no intervalo entre 13 e 20 horas, e se devem, principalmente, à proximidade da cobertura e baixo índice de ventilação no Ginásio da Escola Paulo de Tarso e ventilação excessiva em horários nos quais a temperatura externa apresenta valores elevados no Ginásio SEST/SENAT.

Em relação aos dados de inverno, as quatro edificações apresentaram curvas com todos os valores de temperatura abaixo do limite de conforto estabelecido (17,5 a 24,5°C). FERREIRA (2007, p. 106) menciona que este método alternativo apresenta limites de conforto com temperaturas bastante elevadas para o período frio. Então, mesmo que as curvas indiquem que todas as edificações são desconfortáveis no período de inverno, o valor dos graus-hora de desconforto permite a análise.

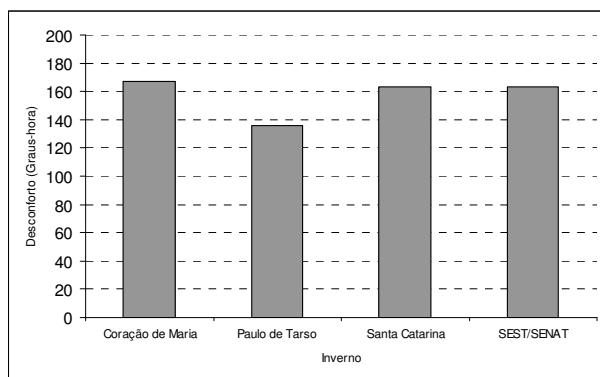


Figura 18 – Graus-hora de desconforto no período de inverno.

O gráfico da figura 18 mostra que o Ginásio Escola Paulo de Tarso é o menos desconfortável no período de inverno em função das temperaturas internas mais elevadas, que se devem à proximidade da cobertura com o nível do piso e ao baixo índice de ventilação.

3.4. Considerações finais da análise de resultados

A partir do observado nas três avaliações pôde-se estabelecer a tabela 2, que faz uma apresentação geral na qual o desempenho de cada edificação é qualificado segundo as informações obtidas a partir das análises realizadas. No quadro, o preenchimento em cinza indica que o ginásio apresentou desempenho negativo no quesito, enquanto as unidades em verde representam os aspectos positivos do edifício.

Quantificando as unidades positivas do quadro de acordo com os critérios de divisão das edificações para monitoramento (volume e IVN), é possível destacar que as edificações de maior volume apresentaram um desempenho mais positivo dos que as de menor volume.

Tabela 2 – Tabela comparativa de desempenho térmico dos ginásios analisados

	AVALIAÇÃO BIOCLIMÁTICA	AVALIAÇÃO DO DIA MÉDIO		AVALIAÇÃO DOS GRAUS-HORA DE DESCONFORTO	
	Adequação ao clima temp. de Santa Maria	Adequação ao período de verão	Adequação ao período de inverno	Conforto no período de verão	Conforto no período de inverno
Ginásio do Col. Coração de Maria (Maior Volume Pouco Ventilado)					
Ginásio da Escola Paulo de Tarso (Menor Volume Pouco Ventilado)					
Ginásio do Colégio Santa Catarina (Menor Volume Ventilado)					
Ginásio SEST/SENAT (Maior Volume Ventilado)					

Desempenho positivo
 Desempenho negativo

4. CONCLUSÕES

O desempenho dos ginásios analisados permitiu concluir que o Ginásio de Menor Volume Pouco Ventilado é adequado nos locais em cujo clima predominam as baixas temperaturas, já que este tipo de edificação propicia o aproveitamento do calor proveniente da cobertura. Pode-se concluir também que o

Ginásio de Menor Volume Ventilado se mostra apropriado aos climas quentes e úmidos, onde a amplitude térmica diária é reduzida, já que a ventilação abundante característica desta edificação faz com que as temperaturas internas se igualem às externas.

Como conclusão principal deste estudo podem ser citadas recomendações de projeto para ginásios, visando um desempenho térmico adequado ao clima temperado de Santa Maria:

- O maior volume da edificação que (em função da altura de pé-direito somada à quantidade de ar existente entre o nível do piso e a cobertura) diminui a influência, sobre os usuários, do calor solar incidente, transmitido ao interior por convecção ou radiação. Desta forma, tem-se um melhor desempenho térmico das edificações no verão, considerado o período de maior rigor climático na região.

- O maior valor de inércia térmica do conjunto construído, que protege a edificação das oscilações rápidas de temperatura, ocasionando o amortecimento da onda térmica de maneira que os extremos de temperatura externa sejam atenuados no interior da edificação.

Estas duas primeiras recomendações foram estabelecidas a partir das análises que demonstraram que edificações com estas características apresentam um desempenho térmico geral mais positivo do que as demais. Porém, cabe destacar, que tanto uma, quanto outra pode ser favorável num período e desfavorável em outro, pois são propriedades invariáveis e não possibilitam a flexibilidade demandada pelos climas temperados, nos quais se tem necessidades distintas ao longo do ano. Esta flexibilidade é garantida pela terceira recomendação de projeto que é a ventilação seletiva, de fundamental importância para o aproveitamento adequado das duas primeiras:

- A ventilação seletiva, através da qual o movimento do ar pode retirar calor do ambiente nas horas mais quentes do verão (quando as temperaturas internas estiverem mais elevadas do que as externas) ou também ceder calor ao meio interno nos períodos mais frios do inverno (quando as temperaturas externas estiverem mais elevadas do que as internas), desde que o manejo das esquadrias e demais equipamentos para ventilação seja apropriado.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- _____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2004.
- COB – CÔMITE OLÍMPICO BRASILEIRO. **Cartilha Olimpismo**. Disponível em: <<http://www.cob.org.br/>>. Acesso em: ago. 2007.
- FERREIRA, F. **Desempenho Térmico em Edifícios de Escritório na Região Central do Rio Grando do Sul**. 2007. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSM, Santa Maria, 2007.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1995.
- MAPA de Clima do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Escala 1:5000000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default.shtm/>>. Acesso em 23 ago. 2007.
- MAPA de Unidades de Relevo do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Escala 1:5000000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default.shtm/>>. Acesso em: 23 ago. 2007.
- MENDONÇA, R. S. R.; ASSIS, E. S. Conforto Térmico Urbano: estudo de caso do bairro Floresta de Belo Horizonte, MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.3, n.3, p.45-63, 2003.
- RIVERO, R. **Acondicionamento Térmico Natural**: arquitetura e clima. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1985.
- RUAS, A. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. [S.l.]: Fundacentro – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 1999.
- SAYDELLES, A. P. **Estudo do Campo Térmico e das Ilhas de Calor em Santa Maria-RS**. 2005. Dissertação – Departamento de Geografia, UFSM, Santa Maria, 2005.
- SCIGLIANO, S.; HOLLO, V. **IVN: Índice de Ventilação Natural**. São Paulo: Pini, 2001.