



V SINGEP

Simposio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

Impacto da Absortância Solar na Eficiência Energética de Edificação de Cunho Social Localizada na Zona Bioclimática 2 Brasileira

ROBERTA MULAZZANI DOLEYS SOARES

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Santo Ângelo
roberta.doleys@gmail.com

LENISE CAROLINE HERTER

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Santo Ângelo
leniseherter@hotmail.com

CAMILA MARIN

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Santo Ângelo
camyla_marin@hotmail.com

JAQUELINE PETENON SMANIOTTO

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Santo Ângelo
jaqueline_smaniotto@yahoo.com.br



IMPACTO DA ABSORTÂNCIA SOLAR NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÃO DE CUNHO SOCIAL LOCALIZADA NA ZONA BIOCLIMÁTICA 2 BRASILEIRA

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar a influência da absorptância solar dos fechamentos opacos verticais nos resultados de graus-hora de resfriamento (GH_R), consumo de energia para aquecimento (C_A) e refrigeração (C_R) dos ambientes de permanência prolongada de uma edificação de cunho social localizada na Zona Bioclimática 2 Brasileira. Para isso, consideraram-se três valores de absorptância solar (α), representando a cor clara, média e escura, inseridas em uma residência que possui características formais peculiares, estratégias sustentáveis e materiais tradicionalmente usados na construção civil. Utilizou-se para esta pesquisa simulação computacional através do programa *DesignBuilder* e os parâmetros do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Os resultados mostraram a sensibilidade do GH_R com o aumento da absorptância solar, ocasionando mudança no nível de eficiência energética dos ambientes, passando de nível C para nível D e E. Quanto aos consumos de energia, a alteração de α promoveu o aumento ou redução no consumo, porém não impactou significativamente os níveis de eficiência, e, independentemente da cor, a edificação apresentou problemas no período de verão ocasionando estudos para melhoria do protótipo, assim como reflexões sobre o método simplificado da norma 15575 (ABNT, 2013).

Palavras-chave: Absorptância solar; fechamentos opacos verticais; eficiência energética.

Abstract

This study aims to analyze the influence of solar absorptance of vertical opaque closures in cooling degree-hour results (GH_R), energy consumption for heating (C_A) and cooling (C_R) of loitering environments of a building social nature located in Bioclimatic Zone 2 Brazilian. For this, they considered three values of solar absorptance (α) representing the light color, medium and dark, inserted in a residence that has peculiar formal, sustainable strategies and materials traditionally used in construction. It was used for this study computer simulation through *DesignBuilder* program and the parameters of Technical Regulation for the Quality Level of Energy Efficiency for Residential Buildings (RTQ-R). The results show the sensitivity of the GH_R with increasing solar absorptance, causing change in the level of energy efficiency of environments from level C to level D and E. As regards energy consumption, the change α promoted the increase or decrease in consumption, but not significantly impacted the levels of efficiency, and, regardless of color, the building presented problems in the summer period leading studies to improve the prototype, as well as reflections on the simplified method of standard 15575 (ABNT, 2013).

Keywords: Solar absorptance; vertical opaque closures; energy efficiency.



1 Introdução

O desafio do arquiteto é conseguir projetar espaços que proporcionem sensação de completo bem-estar, portanto, o conforto ambiental está relacionado com a satisfação do usuário em relação às condições de habitabilidade disponíveis em um determinado ambiente, ou seja, o conforto térmico, acústico, visual, de aromas, segurança e ainda a capacidade de orientação do indivíduo em tal espaço (MENEZES, 2006).

Dessa forma, o conhecimento do comportamento térmico de uma edificação é necessário, não só para que seja possível planejar e obter ambientes confortáveis termicamente, mas também para minimizar o consumo de energia (PINTO, 2002).

De acordo com Francisco (2009) o desempenho térmico é um fator importante em habitações, pois, uma vez projetada para o clima no qual está inserida, a edificação torna-se confortável, além de economizar energia. A partir dessa análise compreende-se que a escolha adequada dos materiais a serem empregados na edificação e o aproveitamento dos recursos naturais são maneiras de se obter um projeto mais eficiente.

A edificação de cunho social analisada por esta pesquisa está localizada na Zona Bioclimática 2 Brasileira (ZB 2), possui uma área de 67,84m² e o programa consiste em uma varanda, sala de estar, sala de jantar e cozinha integrados, dois dormitórios, um banheiro e área de serviço. O projeto apresenta algumas estratégias sustentáveis como: o redutor de vento, placas solares, reaproveitamento de madeira no pergolado e o uso de tijolos de demolição.

O estudo do impacto da propriedade térmica absorvância solar (α) dos fechamentos verticais opacos será possível através da alteração da cor das paredes externas da edificação, dessa forma, estipulou-se três valores que representam a cor clara, média e escura.

Para a simulação da residência utilizou-se o *software DesignBuilder* e os parâmetros estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

O RTQ-R (2012) determina os requisitos técnicos e os métodos para classificação de edificações residenciais quanto à eficiência energética, apresentando o método prescritivo e o método de simulação.

No método de simulação, importante para este trabalho, o desempenho da envoltória da edificação é determinado através de um programa computacional. Para tanto, deve-se seguir as especificações quanto à modelagem da geometria da edificação sob avaliação, o programa de simulação e o arquivo climático.

O regulamento apresenta diretrizes quanto à modelagem do sistema de ventilação natural, do padrão de ocupação, padrão de uso da iluminação, taxa metabólica, densidades de potência instalada de iluminação, cargas internas de equipamentos e a temperatura do solo dos modelos.

Dessa forma, a presente pesquisa contemplará a análise da influência da absorvância solar (α) dos fechamentos opacos verticais nos resultados de graus hora de resfriamento e consumo de energia para aquecimento e refrigeração dos ambientes de permanência prolongada de um modelo de residência na ZB 2, intensificando o conhecimento desta variável que atua diretamente no envelope das edificações.

2 Referencial Teórico

O RTQ-R (2012) apresenta diversos parâmetros para a realização do método de simulação, diante disso, elencaram-se algumas diretrizes a serem consideradas neste trabalho.



2.1 Padrão de uso da ventilação natural

De acordo com o RTQ-R (INMETRO, 2012), o padrão de uso da ventilação natural pode ser com o controle através de padrões horários de abertura e fechamento das aberturas ou estratégias de controle automático, por temperatura ou entalpia.

Neste trabalho, a edificação objeto de estudo foi analisada utilizando o padrão de uso da ventilação natural com controle automático por temperatura, ou seja, a janela abre quando a temperatura do ar do ambiente (T_{int}) é igual ou superior à temperatura do termostato ($T_{int} \geq T_{termostato}$), e também quando a temperatura do ar do ambiente é superior à temperatura externa ($T_{int} \geq T_{ext}$), a temperatura de *setpoint* é de 20°C.

2.2 Atividade

Os valores recomendados para as taxas metabólicas são baseados na ASHRAE *Handbook of Fundamentals* (2009), considerando uma área de pele média de 1,80m², equivalente à área de pele de uma pessoa média (Tabela 1).

Tabela 1 - Taxas metabólicas para cada atividade

| Ambiente | Atividade | Calor produzido (W/m ²) | Calor produzido para área de pele = 1,80 m ² (W) |
|------------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| Sala | Sentado ou assistindo TV | 60 | 108 |
| Dormitório | Dormindo ou descansando | 45 | 81 |

Fonte: Adaptado INMETRO (2012, p. 70).

2.3 Cargas internas de equipamentos

De acordo com o RTQ-R (INMETRO, 2012) as cargas internas de equipamentos devem ser modeladas somente para a sala, em um período de 24h e com potência de 1,5 W/m².

2.4 Padrão de ocupação

O padrão de ocupação é de duas pessoas por dormitório, sendo que a sala é um ambiente usado por todos os usuários dos dormitórios (INMETRO, 2012, p. 68). Na Tabela 2 é apresentado o padrão de ocupação do ambiente em função da porcentagem das pessoas disponíveis no horário.

Tabela 2 – Padrão de ocupação para dias de semana e final de semana

| Hora | Dormitório | | Sala | |
|---------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | Dias de Semana (%) | Final de Semana (%) | Dias de Semana (%) | Final de Semana (%) |
| 1h-7h | 100 | 100 | 0 | 0 |
| 8h-9h | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 10h | 0 | 50 | 0 | 0 |
| 11h | 0 | 0 | 0 | 25 |
| 12h | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 13h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14h | 0 | 0 | 25 | 75 |
| 15h-17h | 0 | 0 | 25 | 50 |
| 18h | 0 | 0 | 25 | 25 |
| 19h | 0 | 0 | 100 | 25 |
| 20h | 0 | 0 | 100 | 50 |
| 21h | 0 | 50 | 50 | 50 |
| 22h-24h | 0 | 100 | 0 | 0 |

Fonte: Adaptado INMETRO (2012, p. 69).



2.5 Padrão de uso da iluminação

São adotados dois padrões de uso da iluminação: um para os dias de semana e outro para os finais de semana, conforme apresentado na Tabela 3. Ainda, segundo o RTQ-R (INMETRO, 2012, p. 82), “os ambientes de permanência prolongada devem ser modelados com densidade de potência instalada de iluminação de 5,0W/m² para os dormitórios e 6,0 W/m² para a sala”.

Tabela 3 – Padrão de uso da iluminação

| Hora | Dormitório | | Sala | |
|---------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | Dias de Semana (%) | Final de Semana (%) | Dias de Semana (%) | Final de Semana (%) |
| 1h-6h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7h | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 8h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9h | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 10h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11h-12 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 13h-16h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17h-20h | 0 | 0 | 100 | 100 |
| 21h | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 22h | 100 | 100 | 0 | 0 |
| 23h-24h | 0 | 0 | 0 | 0 |

Fonte: Adaptado INMETRO (2012, p. 71).

3 Metodologia

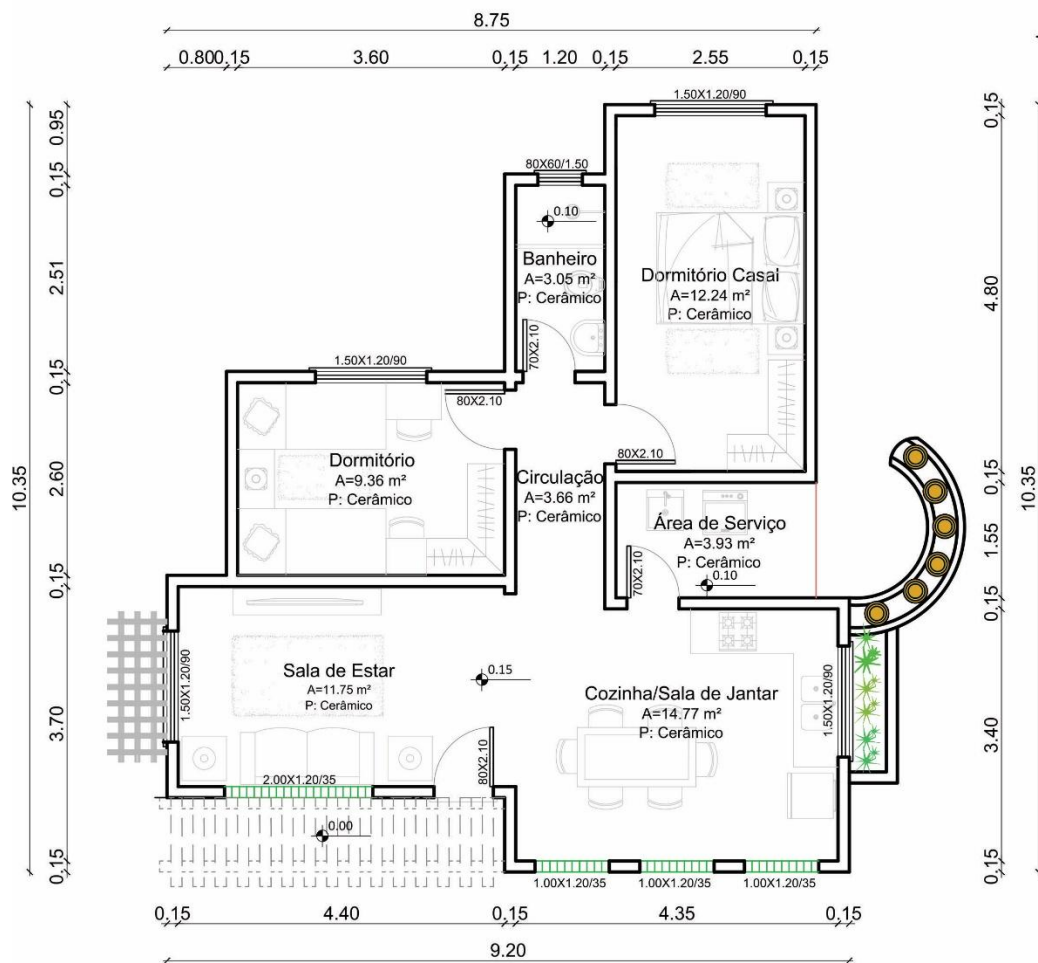
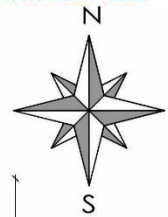
A pesquisa foi dividida em três etapas, sendo elas: apresentação da edificação objeto de estudo, dados para a simulação e avaliação da influência da absorvância solar (α) dos fechamentos opacos verticais.

3.1 Edificação objeto de estudo

A residência objeto de estudo é uma casa térrea, conforme se observa nas Figuras 1 e 2, possui uma área de 67,84m², distribuídos em uma varanda, sala de estar, sala de jantar e cozinha integrados, dois dormitórios, um banheiro e área de serviço (Figura 3). Na Tabela 4 são ilustrados os materiais que compõem a residência.



Figuras 1 e 2 – Vista isométrica – Frontal e Posterior



PLANTA BAIXA
 Área total: 67,84 m²

Figura 3 – Planta baixa

Tabela 4 – Materiais componentes da residência e suas características térmicas

| Componentes da edificação | Materiais utilizados | | Características Térmicas | |
|-----------------------------|---|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | Composição dos materiais | Espessura total (cm) | Transmitância Térmica - U (W/m².K) | Capacidade Térmica - CT (kJ/m².K) |
| Paredes externas e internas | Bloco cerâmico (9,0 x 19,0 x 29,0 cm), argamassa interna e externa (2,5 cm) | 15 | *2,43 | *152,00 |
| Cobertura | Telha de fibrocimento 8mm e forro de PVC 1cm | Variável | **1,76 | **16,00 |
| Janela | Vidro simples | 0,4 | 5,75 | - |
| Porta | Madeira maciça | 4 | 2,70 | - |

* As paredes atendem as especificações (ZB 2) da NBR 15575 (2013), pois a $U \leq 2,5$ (W/m².K) e $CT \geq 130$ (kJ/m².K) e a NBR 15220 (2005), $U \leq 3,0$ (W/m².K).

** A cobertura atende as especificações (ZB 2) da NBR 15575 (2013), pois a $U \leq 2,3$ (W/m².K) e a NBR 15220 (2005) $U \leq 2,0$ (W/m².K).



A escolha dos materiais embasou-se pelas diretrizes da NBR 15220 (2005) e da NBR 15575 (2013) para a ZB 2, assim como optou-se por materiais costumeiramente usados na construção civil.



Figura 4 – Vista superior

Observa-se através da Figura 4, a localização do coletor solar na cobertura, assim como é possível verificar que o modelo de residência apresenta geometria diferenciada, a partir de subtrações realizadas no volume, o detalhe na platibanda em tijolo de demolição e a adição do pergolado, estas manipulações formais resultaram em uma composição interessante, além de que a volumetria alongada ocasiona em uma maior área de superfícies expostas ao meio exterior e torna flexível a localização das aberturas no ambiente.

3.2 Dados para a simulação

Possuindo como base as especificações do método de simulação do RTQ-R, utilizou-se o programa computacional *DesignBuilder* versão 2.4.2.016.

O regulamento estabelece alguns parâmetros importantes para a modelagem do sistema de ventilação natural da edificação, como o coeficiente de rugosidade do entorno, os coeficientes de pressão superficial, o coeficiente de descarga para janelas e portas e o coeficiente do fluxo de ar por frestas.

O coeficiente de rugosidade do entorno é baseado na ASHRAE *Handbook of Fundamentals* (2009) que deve ser de 0,33, o qual representa um terreno de centro urbano.

O RTQ-R (INMETRO, 2012, p.7) diz que “o coeficiente de pressão superficial é um número adimensional que indica as relações entre as pressões em diferentes pontos das superfícies externas de um sólido”, portanto, os valores de CP dependem da forma da edificação, da direção do vento e da influência de obstruções como edificações vizinhas, vegetação e características locais do terreno.

O coeficiente de descarga para janelas e portas retangulares deve ser de 0,60. O coeficiente do fluxo de ar por frestas deve ser de 0,001 kg/s.m e o expoente do fluxo de ar deve ser 0,65 (INMETRO, 2012, p. 68).

Para o cálculo de graus-hora de resfriamento (GH_R) foi extraída a temperatura operativa horária (T_o) através da simulação computacional. E por meio da Equação 1 determinou-se o indicador de graus-hora de resfriamento através da temperatura operativa horária de cada ambiente de permanência prolongada, com a temperatura base de 26°C.

$$GH_R = T_o - 26^\circ C$$

Equação 1



Para o cálculo do consumo de energia para aquecimento e refrigeração, considerou-se o consumo relativo anual para aquecimento (C_A) e consumo relativo anual para refrigeração (C_R) obtidos na simulação computacional. Vale ressaltar que o C_R é calculado somente para os dormitórios.

O regulamento estabelece condições para GH_R (Tabela 5), C_A (Tabela 6) e C_R (Tabela 7), para que se determine o nível de eficiência energética.

Tabela 5 - Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 2

| Eficiência | EqNumEnvAmb _{Resfr} | Condição |
|------------|------------------------------|---------------------------|
| A | 5 | $GH_R \leq 2.310$ |
| B | 4 | $2.310 < GH_R \leq 4.396$ |
| C | 3 | $4.396 < GH_R \leq 6.481$ |
| D | 2 | $6.481 < GH_R \leq 8.567$ |
| E | 1 | $GH_R > 8.567$ |

Fonte: INMETRO (2012, p. 43).

Tabela 6 - Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 2

| Eficiência | EqNumEnvAmb _A | Condição (kWh/m ² .ano) |
|------------|--------------------------|------------------------------------|
| A | 5 | $C_A \leq 15,591$ |
| B | 4 | $15,591 < C_A \leq 31,182$ |
| C | 3 | $31,182 < C_A \leq 46,772$ |
| D | 2 | $46,772 < C_A \leq 62,363$ |
| E | 1 | $C_A > 62,363$ |

Fonte: INMETRO (2012, p. 43).

Tabela 7 - Equivalente numérico da envoltória do ambiente condicionado artificialmente para refrigeração – Zona Bioclimática 2

| Eficiência | EqNumEnvAmb _{Refrig} | Condição (kWh/m ² .ano) |
|------------|-------------------------------|------------------------------------|
| A | 5 | $C_R \leq 5,849$ |
| B | 4 | $5,849 < C_R \leq 11,288$ |
| C | 3 | $11,288 < C_R \leq 16,727$ |
| D | 2 | $16,727 < C_R \leq 22,166$ |
| E | 1 | $C_R > 22,166$ |

Fonte: INMETRO (2012, p. 57).

Conforme abordado no referencial teórico (p. 3-4) considerou-se o padrão de uso da ventilação natural, atividade, cargas internas de equipamento, padrão de ocupação e iluminação presentes no regulamento.

3.3 Temperatura do solo e arquivo climático

A temperatura do solo foi determinada através do programa computacional *Slab*, que é um programa auxiliar do *EnergyPlus*, para o cálculo da temperatura média mensal do solo, baseando-se nos valores médios de temperaturas internas e externas da edificação para o clima simulado.

Para representar a ZB 2 usou-se o arquivo climático de Santa Maria-RS, possuindo os dados horários desenvolvidos por *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (SWERA), obtidos em um projeto juntamente com o INPE e LABSOLAR/UFSC, financiado pelo Programa Ambiental das Nações Unidas, que disponibilizou arquivos climáticos TMY para 20 cidades brasileiras.






3.4 Avaliação da influência da absorvância solar (α) dos fechamentos opacos verticais

Esta etapa consiste na avaliação da influência da absorvância solar (α) das paredes externas sobre o valor de GH_R , C_A e C_R da sala e dos dormitórios da residência objeto de estudo.

Considerou-se para este estudo três valores de absorvância solar, representando a cor clara, média e escura (Tabela 8), a Figura 5 ilustra a edificação com as cores avaliadas.

Tabela 8 – Cores de referência
TINTA ACRÍLICA FOSCA

| Modelo | Imagem da cor | Nome | α (%) |
|--------|---|----------------|--------------|
| 1 |  | Pérola | 33,0* |
| 2 |  | Amarelo Antigo | 51,4* |
| 3 |  | Azul | 73,3* |

* Valor obtido de Dornelles (2008).



Figura 5 – Edificação com as cores estipuladas

4 Resultados

Após a modelagem da residência no software *DesignBuilder* (Figura 6) e realizar todas as configurações necessárias conforme o RTQ-R, calculou-se a temperatura do solo. Seguidamente, com a temperatura definida, ajustou-se novamente o modelo e simularam-se os três valores de absorvância estipulados.

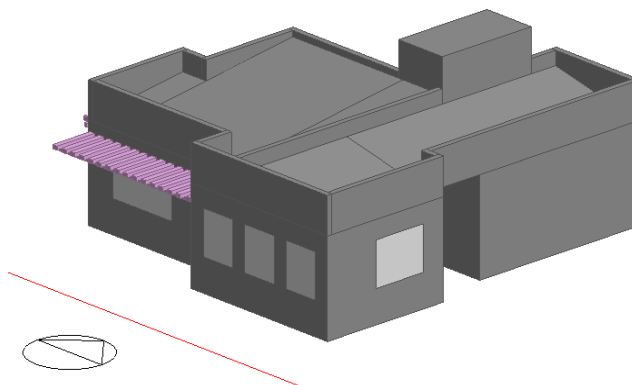


Figura 6 – Vista isométrica da residência



Os gráficos das Figuras de 7 a 9 apresentam os resultados de GH_R para cada ambiente de permanência prolongada e para as três absorções avaliadas.

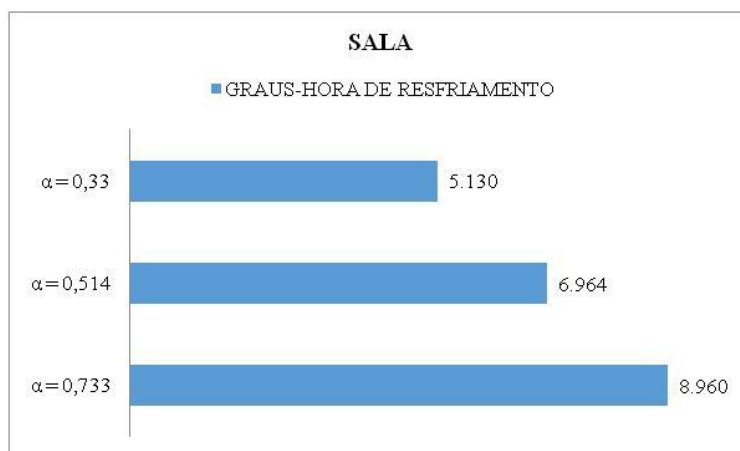


Figura 7 – Gráfico de GH_R da sala

Constata-se a partir da Figura 7 que a variação da absorção de 0,33 para a de 0,514 promoveu um aumento de 1.834 horas (36%) em desconforto por calor e de 0,514 para 0,733 obteve-se 1.996 horas (29%). Dessa forma, observa-se que a alteração da cor clara para a escura há um aumento de 3.830 das horas (75%) em desconforto por calor no ambiente.

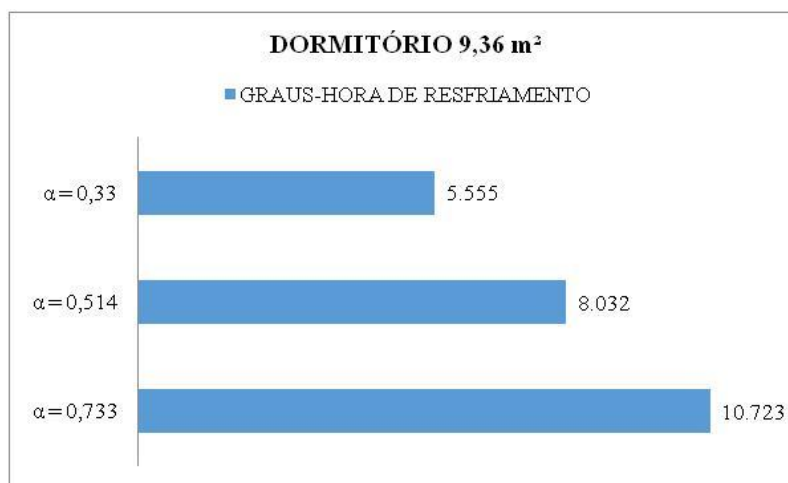


Figura 8 – Gráfico de GH_R do dormitório de 9,36m²

Verifica-se através da Figura 8 um aumento progressivo das horas em desconforto por calor, da cor clara para a média, 2.477 horas (45%), da média para a escura, 2.691 horas (34%) e da cor clara para a escura o número de horas em desconforto por calor praticamente dobram no dormitório.

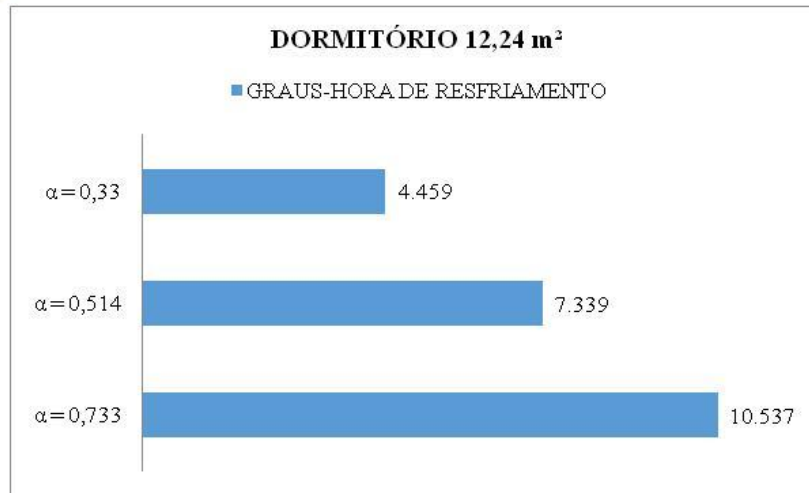


Figura 9 – Gráfico de GH_R do dormitório de 12,24m²

A Figura 9 revela que alterando a absorvância de 0,33 para 0,514 há um aumento de 65% das horas em desconforto por calor e de 0,514 para 0,733 promove um acréscimo de aproximadamente 44%. E da α 0,33 para α 0,733 ocasiona uma elevação de mais de 100% no número de horas.

Tabela 9 – Graus-hora de resfriamento

| AMBIENTE | $\alpha = 0,33$ | | $\alpha = 0,514$ | | $\alpha = 0,733$ | |
|------------------------------|-----------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| | GH _R | Nível de Eficiência | GH _R | Nível de Eficiência | GH _R | Nível de Eficiência |
| Sala | 5.130 | C | 6.964 | D | 8.960 | E |
| Dormit. 9,36 m ² | 5.555 | C | 8.032 | D | 10.723 | E |
| Dormit. 12,24 m ² | 4.459 | C | 7.339 | D | 10.537 | E |

Os dados obtidos de graus-hora de resfriamento dos ambientes de permanência prolongada foram comparados com os limites de GH_R do RTQ-R (Tabela 2) para que seja determinado o nível de eficiência energética. Diante disso, analisou-se que o aumento gradual da absorvância promove um acréscimo no número de horas em desconforto por calor e, por meio da Tabela 9, constata-se que todos os ambientes variaram de nível C, nível D e nível E.

Os gráficos ilustrados nas Figuras de 10 a 12 mostram os resultados de consumo para aquecimento da sala e dos dormitórios, respectivamente.

Verifica-se pelo gráfico da Figura 10 que o aumento da absorvância solar gera uma diminuição no consumo de energia para aquecimento, havendo uma redução de 8% de α 0,33 para α 0,514, 7% de α 0,514 para α 0,733 e de 15% através da mudança da cor clara para a escura.

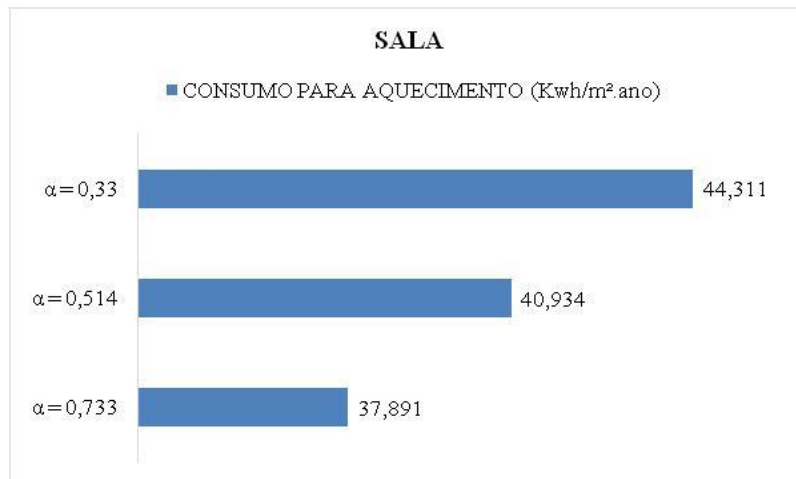


Figura 10 – Gráfico de C_A da sala

No dormitório de 9,36m² (Figura 11) observa-se uma redução de 17% a partir da alteração da α 0,33 para α 0,514 e de α 0,514 para α 0,733 é de aproximadamente 19%, podendo chegar a 33% se comparar a cor clara com a escura.

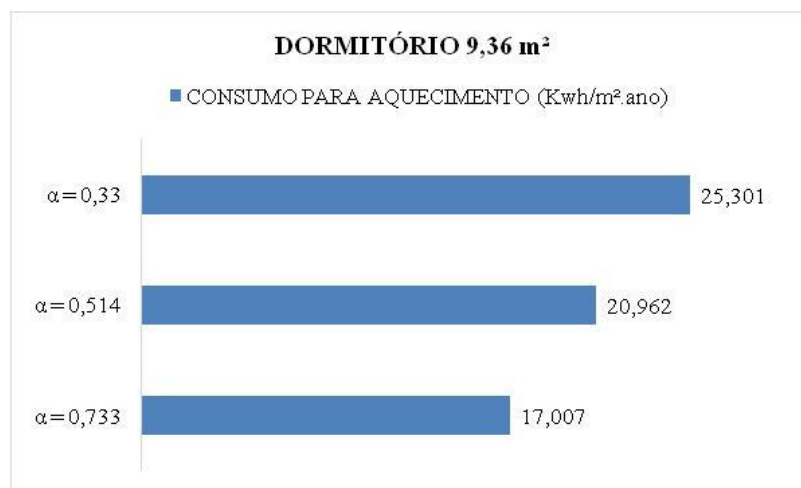


Figura 11 – Gráfico de C_A do dormitório de 9,36m²

Analisando o C_A do dormitório de 12,24m² (Figura 12) constata-se uma redução no consumo de 14% de α 0,33 para α 0,514, 14% de α 0,514 para α 0,733 e de 26%, se optar pela cor escura ao invés da cor clara no fechamento opaco vertical.

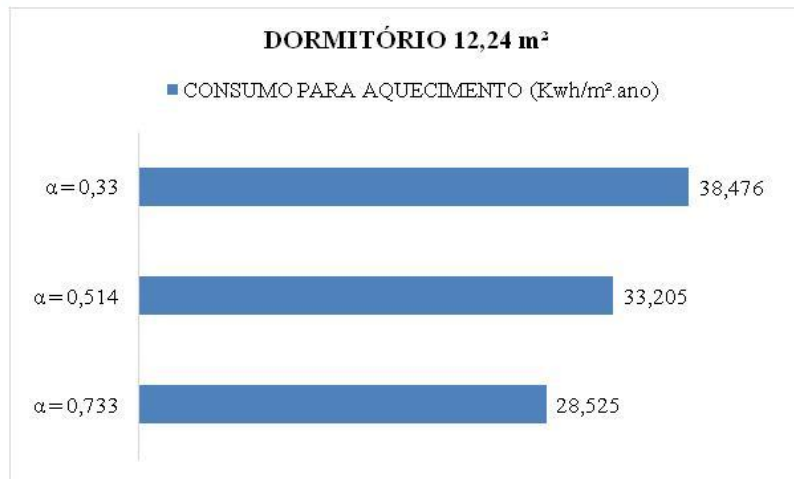


Figura 12 – Gráfico de C_A do dormitório de 12,24m²

Tabela 10 – Consumo de energia para aquecimento

| AMBIENTE | $\alpha = 0,33$ | | $\alpha = 0,514$ | | $\alpha = 0,733$ | |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| | CA (Kwh/m ² .ano) | Nível de Eficiência | CA (Kwh/m ² .ano) | Nível de Eficiência | CA (Kwh/m ² .ano) | Nível de Eficiência |
| Sala | 44,311 | C | 40,934 | C | 37,891 | C |
| Dormit. 9,36 m ² | 25,301 | B | 20,962 | B | 17,007 | B |
| Dormit. 12,24 m ² | 38,476 | C | 33,205 | C | 28,525 | B |

Os valores obtidos de C_A foram comparados com a Tabela 3, dessa forma, observa-se através da Tabela 10 que a variação da absorção solar reduziu o consumo, porém, não foi suficiente para aumentar o nível de eficiência da sala.

O dormitório de 9,36m² também manteve o nível B em todas as variações de α simuladas, e, somente o dormitório de 12,24m² conseguiu mudar de nível C para nível B com a absorção de 0,733.

Os gráficos apresentados nas Figuras 13 e 14 mostram os resultados de consumo de energia para refrigeração dos dormitórios.

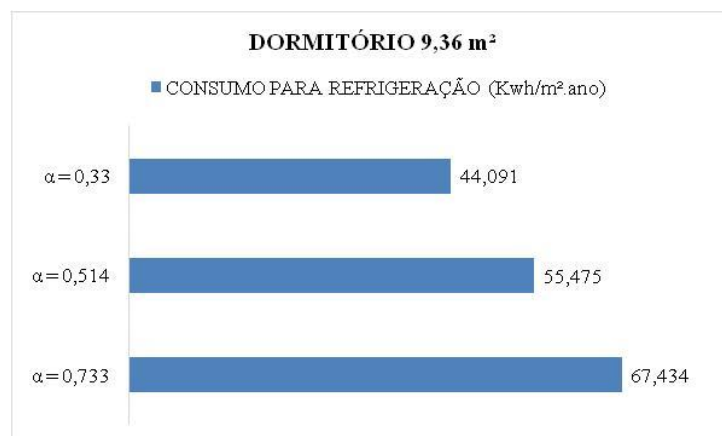


Figura 13 – Gráfico de C_R do dormitório de 9,36m²

Comparando a baixa absorção (0,33) com a média (0,514), há um aumento de 26% do C_R , e a média absorção (0,514) em relação com a escura (0,733) obtêm-se um acréscimo de 22% no C_R do dormitório de 9,36m². E esses dados podem ser intensificados se comparar



os extremos, ou seja, a baixa absorvância com a alta, resultando em uma elevação de 53% no consumo.

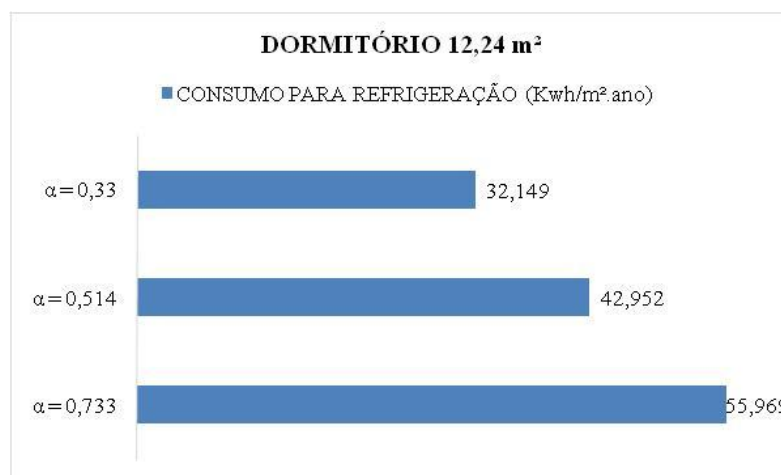


Figura 14 – Gráfico de C_R do dormitório de 12,24m²

Constata-se pelo gráfico da Figura 14 que o aumento da absorvância solar ocasiona um acréscimo de 34% do C_R do dormitório de 12,24m², e esse valor pode chegar em 43%, se considerar a mudança da α 0,33 para a de α 0,714.

Tabela 11 – Consumo de energia para refrigeração

| AMBIENTE | α = 0,33 | | α = 0,514 | | α = 0,733 | |
|------------------------------|--|---------------------|--|---------------------|--|---------------------|
| | C _R (Kwh/m ² .ano) | Nível de Eficiência | C _R (Kwh/m ² .ano) | Nível de Eficiência | C _R (Kwh/m ² .ano) | Nível de Eficiência |
| Dormit. 9,36 m ² | 44,091 | E | 55,475 | E | 67,434 | E |
| Dormit. 12,24 m ² | 32,149 | E | 42,952 | E | 55,969 | E |

Os valores de C_R dos dormitórios foram confrontados com as condições do regulamento (Tabela 4). Dessa forma, pode-se constatar através da Tabela 11 que em todas as situações os ambientes obtiveram nível E.

5 Considerações Finais

A pesquisa contemplou a análise dos efeitos da absorvância solar dos fechamentos opacos verticais no nível de eficiência energética dos ambientes de permanência prolongada de uma habitação de interesse social localizada na Zona Bioclimática 2 Brasileira. A edificação objeto de estudo possui duas características importantes, a primeira está relacionada com a concepção projetual que atenta para uma volumetria diferenciada e a inserção de algumas estratégias sustentáveis, e a segunda característica corresponde na escolha de materiais costumeiramente utilizados na construção civil.

Foram considerados três valores de absorvância solar, representando a cor clara, média e escura. Dessa forma, os resultados de graus-hora de resfriamento dos ambientes de permanência prolongada revelaram que a substituição da cor escura para a clara, promove uma diminuição em até 57% o número de horas em desconforto por calor da sala, no dormitório de 9,36m² é possível reduzir em 52% o número de horas, já no dormitório de 12,24m² pode-se diminuir em aproximadamente 42% das horas em desconforto.



O aumento da absorvância promoveu uma redução no nível de eficiência energética dos ambientes, passando de nível C, para nível D com α de 0,514 e nível E com α de 0,733, comprovando o impacto desta propriedade térmica nos resultados de GH_R .

Tratando-se do consumo de energia para aquecimento, a redução do C_A da sala pode alcançar até 15% se alterar da cor clara para a escura, o dormitório de 9,36m² obtêm-se 33% e no dormitório de 12,24m² há uma diminuição de até 26% do consumo, ou seja, os resultados são mais expressivos comparando valores extremos de α .

A alteração da absorvância, no caso do consumo de energia para aquecimento, afetou os resultados, porém, não foi suficiente para modificar o nível de eficiência da sala e do dormitório de 9,36m², somente o dormitório de 12,24m² passou de nível C para nível B com α de 0,733.

O consumo de energia para refrigeração do dormitório de 9,36m² possibilitou uma redução em até 35% e no caso do dormitório de 12,24m² esse valor pode chegar em 43%, considerando da cor escura para a cor clara. Comparando os resultados de C_R com os limites do RTQ-R, obteve-se nível E nos dois ambientes.

Todos esses dados revelaram o importante papel da propriedade termofísica α no comportamento térmico da edificação, apresentando expressividade no número de horas em desconforto por calor, sendo capaz de mudar níveis de eficiência energética. No caso dos consumos, a variável afetou os resultados, porém eles não foram significativos considerando os níveis de eficiência.

Observa-se o desempenho adverso do consumo de energia para aquecimento e refrigeração quando alterada a absorvância solar. Também se constatou que a residência possui desconforto no verão, denotando estudos para a melhoria das condições principalmente neste período. A inserção de dispositivos de proteção solar e análises sobre a cobertura provavelmente irão gerar resultados mais satisfatórios.

Por fim, a pesquisa promoveu reflexões quanto à eficácia de uma avaliação pelo método simplificado, ou seja, o atendimento aos limites estabelecidos por norma, pois de certa forma, uma variável não garante que as condições da edificação estejam totalmente adequadas, isso conduz a uma confiabilidade do método de simulação no momento em que o programa computacional avalia durante um período de 8.760 horas por ano e também considera as variações climáticas do local estudado.

Referências Bibliográficas

American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) (2009). *Fundamentals handbook*. Atlanta.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2005). *Desempenho térmico de edificações - Parte 1, 2 e 3* – NBR 15220. Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2013). *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho* – NBR 15575. Brasil.

DORNELLES, K. A. *Absorvância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex, acrílica e PVA*. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FRANCISCO, M. do L. *Recomendações de conforto térmico para projeto arquitetônico e implantação de unidades habitacionais em assentamentos rurais. Caso: Assentamento Rural*



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

Sepé Tiaraju, Serra Azul-SP. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) (2012). *Requisitos Técnicos da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R*. Brasil.

MENEZES, M. S. *Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações Sociais de Passo Fundo*. 2006. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em engenharia da Universidade de Passo Fundo/RS.

PINTO, L. da R. *Desempenho térmico de edificações: um programa de simulação computacional através do método da admitância*. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas.