

# Globalização e consumo: um estudo dos telhados brancos como alternativa socioambiental

*Globalization and consumption: a case study of cool roofs as a socio-environmental alternative*

Anderson Luiz Godinho Belem<sup>a</sup>

Bruno de Borowski<sup>b</sup>

Mairon Melo Machado<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Farroupilha, São Borja, RS, Brasil  
End. Eletrônico: andebelem@gmail.com

<sup>b</sup>Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Farroupilha, São Borja, RS, Brasil  
End. Eletrônico: brb2@outlook.com

<sup>c</sup>Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Farroupilha, São Borja, RS, Brasil  
End. Eletrônico: mairon.machado@iffarroupilha.edu.br

doi:10.18472/SustDeb.v11n1.2020.19976

Received: 30/11/2018  
Accepted: 30/03/2020

ARTICLE- VARIA

## RESUMO

A globalização e a sociedade de consumo são discutidas em seus vieses ambientais sob uma transição escalar do global para o local. Com essa perspectiva, o presente artigo trata do efeito dos telhados brancos para a redução de temperatura interna em edifícios de São Borja, RS. A experimentação prática faz uso de habitáculos, com telhas de fibrocimento e as análises do estudo são representadas por gráficos e estatísticas. Verificou-se que, em dias de predomínio de sol, os habitáculos com telha branca apresentavam 2°C de temperatura a menos em relação a da telha cinza, sendo essa diferença menor em casos de tempo nublado ou chuvoso. Calculou-se que, por consequência da menor temperatura, sob condições ideais, uma telha branca irá resultar em uma redução de cerca de 4,4 kWh/ano/m<sup>2</sup> em consumo elétrico com condicionador de ar, o que se traduz em economia de aproximadamente R\$ 2,00/ano/m<sup>2</sup> (valores da energia em São Borja). Apesar da redução considerável na temperatura média, o retorno financeiro é alcançado a longo prazo.

**Palavras-Chave:** Economia Doméstica. Sustentabilidade. Telhados Brancos. Sociedade de Consumo.

## ABSTRACT

*Globalization and consumer society are discuss in their environmental biases and with a transition between global and local scale. From an experimental research, the effect of white roofs for temperature*

*reduction in internal buildings at São Borja-RS, is investigated. Practical experimentation makes use of habitats, with asbestos cement tiles. Graphs and statistical analysis were used in the study. It was verified that, in days of sun predominance, the habitations with white tile had 2 °C of temperature less than the gray tile, being this smaller in cases of cloudy or rainy weather. It has been estimated that, as a consequence of the lower temperature under ideal conditions, a white tile will result in a reduction about 4.4 kWh/year/ m<sup>2</sup> in electric consumption with air conditioner, which translates into approximately R \$ 2.00/year/m<sup>2</sup> (energy values at São Borja). Despite the appreciable reduction in average temperature, the financial return will be in the long term.*

*Keywords: Domestic Economy. Sustainability. White Roof. Consumer Society.*

## 1 INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda energética, decorrente da expansão do desenvolvimento pautado na produção e consumo que se adapta e globaliza desde o capitalismo mercantil, intensificando-se após as revoluções tecnológicas recentes, a degradação do capital natural ocorre em ritmo acelerado (MILLER e SPOOLMAN, 2013). Dentre os problemas ambientais gerados, Goldstein (2009) expõe o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE), que trazem como principal consequência o aquecimento global.

Com o advento das revoluções industriais e a consequente guinada no desenvolvimento das sociedades, as cidades vão gradativamente se tornando o *locus* do ser humano. Mudanças na organização territorial com o desenvolvimento dos estados nacionais e na legitimidade da propriedade privada como um pilar da organização social atual acarretaram uma intensificação na urbanização. Entretanto, apenas quando a tecnologia chega ao campo (Revolução Verde) é que o urbano passa a concentrar, também em países menos desenvolvidos, as populações.

Segundo o *Cities and Biodiversity outlook* (2012), mesmo considerando os melhores cenários, as áreas urbanas atingirão, até 2030, um patamar de duas a cinco vezes maiores que os atuais. Isso implica em uma série de consequências ambientais, como: consumo exacerbado de recursos hídricos e de solos agricultáveis, perda considerável da biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos, além de consolidar alterações climáticas de escalas locais a globais. No mesmo documento é exposto que a tendência de aumento das áreas urbanas se dá preferencialmente em países menos desenvolvidos.

Nesse contexto, as escalas locais de análise apresentam uma lista de problemas relacionados ao clima, entre os quais a inversão térmica, cânions urbanos, chuvas ácidas, ilhas de calor etc..

É fato que a maior concentração de humanos se dá em zonas térmicas intertropical e temperada norte. A primeira notadamente quente e a segunda apresentando verões e invernos intensos na maior parte dos seus climas, favorecendo o uso de eletrodomésticos com função de condicionar o ar em ambientes restritos. Cabe ressaltar que tais equipamentos demandam grandes quantidades de energia elétrica para seu funcionamento, e que a produção de energia elétrica envolve diretamente a degradação do capital natural, assim como muitas vezes, a eliminação de importantes serviços ambientais em maior ou menor grau.

Entre as alternativas para evitar um aquecimento excessivo, no caso dos verões, dentro de edificações, e assim, evitar o uso indiscriminado de eletrodomésticos e energia elétrica para resfriar tais ambientes, surgem as propostas de telhados brancos e verdes. Os telhados brancos têm a característica de serem pintados por cores claras, evitando o aquecimento excessivo. Os telhados verdes são assim denominados em função de receberem cobertura vegetal, evitando a exposição, da superfície construída, ao sol.

Este estudo discutirá, por meio de revisão bibliográfica, a relação entre a cidade, a sociedade de consumo e as consequências ambientais desse processo circulando em diferentes escalas de observação. Como

objetivo específico será apresentado um estudo experimental voltado a avaliar a técnica dos “telhados brancos” para residências atentando para as condições geográficas do município de São Borja-RS.

## 2 DA SOCIEDADE DE CONSUMO À (IN)SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE URBANO

A faceta mais recente do capitalismo é a utilização da informação em tempo real. Desde que se torna, praticamente, hegemônico, a informação em tempo real ganha caráter civil e passa a ser um trunfo das grandes corporações por meio do mercado financeiro e da indústria de bens de consumo. Desse modo, o fenômeno da globalização ganha velocidade e intensidade. Santos (2001) afirma que existe uma perversidade no processo, e que urge a necessidade, não de acabar com a globalização, mas de mudar a sua lógica, preservando as características das comunidades locais sem impor uma homogeneização socioeconômica e sociocultural.

No contexto produtivo, Ortigoza (2009) detalha que com o advento do capitalismo informacional, as principais atividades produtivas se organizam de modo global fazendo uso de uma rede geográfica, também global, de produção, concorrência e consumo que chega até as redes locais homogeneizando-as. Santos (2005) explica que as redes possuem caráter de materialidade e de ação, sendo o meio pelo qual passam a produção, a circulação e a informação. Para o autor, é desse modo que o universal se transpõe até as escalas locais.

Tal qual um produto, o espaço geográfico passa a ser consumido. Isso ocorre, como explica Ortigoza (2009), pela pressão global que acarreta uma gestão pública voltada a atrair o capital, passando pela homogeneização das cidades em detrimento das reais necessidades de sua população. Cabe ressaltar que nessa lógica produção-consumo, no capitalismo informacional, os governos são vistos como articuladores entre os detentores dos meios de produção e os consumidores. Enquanto isso ocorre, as localidades acabam por materializar o processo de produção em sua paisagem. Esse processo é a característica principal da divisão internacional do trabalho atual, da desterritorialização e do enfraquecimento dos estados nacionais perante a lógica neoliberal.

Tal dialética socioespacial implica diretamente sob a necessidade de consumo que se desponta, então, para manutenção do sistema. As relações sociais são medidas pela capacidade de obter mercadorias, o “ter” subjugua os momentos vividos. O consumo, dentro dessa lógica, passa a ser o grande organizador da sociedade global, objetifica inclusive os produtores e também a estrutura da vida cotidiana. Para Lefebvre (1991), está posta a sociedade do consumo, do efêmero, da obsolescência programada, da constante necessidade de ‘ter’. Nesse contexto a cidade é o espaço do consumo e o modo de vida urbano o conteúdo daquele.

A relação com o ambiente é evidente dentro desse escopo. Inserida nessa análise, Cortez (2009) comenta que a crise ambiental é também social, e que o *modus operandis* é insustentável ambientalmente, socialmente injusto e moralmente. Tal afirmação gira em torno da incapacidade dos sistemas ambientais em suplantar a crescente demanda criada pelo próprio sistema de produção-consumo, da crise ambiental que destrói constantemente a capacidade de regeneração dos ecossistemas, e da concentração das riquezas. Concentração esta que recentemente aumentou nos países desenvolvidos e volta a crescer nos países em desenvolvimento (UNITED NATIONS, 2020).

Contudo, uma vez que a percepção do processo desencadeador da crise ambiental é evidenciada, ocorrem contracorrentes que colocam novos pontos de vista. As conferências internacionais que reúnem de tempos em tempos, há décadas, os países em prol de uma pauta ambiental global, mostram como a crise ambiental se torna política e econômica. Como símbolos dessa prática estão as correntes que pregavam o “Crescimento Zero” por um lado, e o “Crescimento a todo custo” por outro, e atualmente, a discussão do que e como seria uma “Economia Verde”, e, ainda, quais níveis aceitáveis de Aquecimento Global serão admitidos.

O que se presencia como resultado, conforme Cortez (2009), é a transferência de responsabilidade em termos ambientais: Governos e mercado aliados, em uma lógica perversa colocam a responsabilidade nos consumidores, ao mesmo tempo que adaptam, por meio de novas tecnologias, novos produtos, ampliando o consumo, criando novos mercados e não abandonando completamente os antigos.

A partir de tais enfrentamentos surgem termos como “consumo responsável”, “consumo consciente”, “comércio ético e solidário”, “consumo verde” ou ainda “consumo sustentável”.

Para Toni et al. (2010), o consumo consciente seria um modo de vida responsável ambiental e socialmente. Segundo Cortez (2009), comércio ético e solidário remete à toda a cadeia produtiva, desde o produtor primário até o consumidor, mas não trata explicitamente da questão ambiental. Entretanto, esta se torna fundamental quando a ética passa a envolver todos os aspectos da vida neste planeta.

O consumo responsável trata do consumidor e dos direitos que este possui e deve reivindicar visando compreender todo o processo de produção: origem, preços, distribuição dos valores, renda dos produtores e dos comerciantes, etc.

Outra denominação adotada principalmente pelo mercado é o “consumo verde”, este, conforme o manual da *Consumers International* (2005), visa dar ao consumidor o poder de escolha por produtos que em sua cadeia produtiva não agridem o ambiente. A crítica a tal modelo surge quando apenas algumas marcas se destacam de modo amplamente distribuído nos diversos mercados consumidores, restringindo a escolha do consumidor a poucas possibilidades. Além disso, o consumidor verde atenta apenas para o aspecto tecnológico e geralmente consome produtos caros, e então, a maior parte da população não tem como se inserir nessa perspectiva. Há ainda um termo que se caracteriza por aglutinar as perspectivas citadas: consumo sustentável. Porém, independente da terminologia utilizada, Cortez comenta que:

A maioria das pessoas nos países industrializados ainda continua numa rota de consumo ascendente e muitas outras, nos países em desenvolvimento, permanecem atoladas na pobreza. A fim de promover um novo papel para o consumo, qualquer visão terá que incluir respostas a quatro quesitos-chave: se a classe de consumidor global estará tendo uma qualidade de vida melhor em função dos seus níveis crescentes de consumo; se as sociedades poderão perseguir o consumo de forma equilibrada, especialmente harmonizando o consumo ao ambiente natural; se as sociedades poderão reformular as opções do consumo para uma escolha genuína; e se as sociedades poderão priorizar o atendimento às necessidades básicas de todos (CORTEZ, 2009, p.59).

Sob a perspectiva das cidades como objeto de consumo e lugar da morada humana, observa-se que apesar de uma retórica cada vez mais voltada para a sustentabilidade, nos países menos desenvolvidos isso está longe de ser realidade, Davis (2006) retrata por meio de intensa revisão bibliográfica o resultado da globalização materializada sobre as cidades no mundo, e constata o que chama de “Planeta Favela”. No capítulo “Ecologia de Favela”, o referido autor evidencia o resultado socioambiental do processo de exclusão e marginalização, a junção de condições desumanas de vida aliadas a condições de insalubridade extremas, bem como desastres naturais, por vezes previsíveis. Assim constata-se que apesar de passarmos por um *boom* urbano, o bem-estar das populações, que depende de uma qualidade ambiental mínima, não acompanha o ritmo.

No contexto sul-americano, o *Cities and Biodiversity outlook* (2012) mostra que as taxas de urbanização daqueles países há tempos são maiores, por exemplo, do que países europeus desenvolvidos. Tal processo fora intensificado pelos governos militares, que durante as décadas de 1960 a 1980 fomentaram, na região, uma política econômica que adotou a revolução verde no campo, sem resolver, entretanto, a questão agrária dos países em questão e causando, além de intensos conflitos no campo, a expansão desorganizada do meio urbano.

Como “Revolução Verde” entende-se a série de tecnologias que a partir de meados da década de 1960 são propostas pelos países desenvolvidos (principalmente os Estados Unidos) como a solução para a relação entre crescimento populacional e produção de alimentos. Novaes (2012) delimita algumas das principais consequências da Revolução Verde, sendo: alterações nos ciclos de acumulação primitiva da terra que passa a estabelecer a violência, roubo e grilagem como processo (assassinato de lideranças, invasão de terras indígenas e unidades de conservação, expropriação do trabalho manual e intelectual das populações tradicionais, migrações forçadas); expansão das propriedades particulares vinculadas a transnacionais; implantação de tecnologias e maquinário, sementes (transgênicas) e agrotóxicos de modo que poucas empresas detêm as patentes.

Neste milênio ocorreu pela primeira vez na história a inversão entre áreas rurais e urbanas em âmbito mundial, conforme dados do relatório *Perspectivas da População Mundial* (2019). Atualmente, portanto, mais de 50% da população mundial vive no meio urbano, sendo que para 2050 acredita-se que esse valor chegará a 70% sendo um terço em favelas. Grande parte desse processo de urbanização está vinculado a Revolução Verde, mas que, uma vez vendida pelos países desenvolvidos, por meio da Organização das Nações Unidas (ONU), como solução para a fome, acabou favorecendo o êxodo rural veloz e massivo em países em desenvolvimento (NETTO, 2013).

Portanto, por mais instrumentos teórico-conceituais, ferramentas tecnológicas ou mesmo nas inúmeras tratativas políticas o ambiente acaba por ser um fator secundário quando comparado à importância dada ao desenvolvimento econômico. As palavras de Santos (2001), quase 20 anos depois, ainda ressoam de modo preocupante uma vez que os resultados de todo esse processo sugerem a intensificação da urbanização, expropriação da mão de obra pelo êxodo rural e ampliação da desigualdade nas cidades (DAVIS, 2006) e a coisificação da questão ambiental, que de inerente à vida no planeta, passa a ser produto (CORTEZ, 2009) cada vez mais escasso na paisagem urbana.

### 3 CONTEXTUALIZANDO OS TELHADOS BRANCOS

Utilizando-se de uma escala mais próxima, a discussão iniciada no item anterior pode ser direcionada especificamente para o espaço urbano. Neste as tentativas de estabelecer uma ordem nessa intensa relação ser humano-natureza passa pelo planejamento. Sobre o mesmo Monteiro comenta que:

Ao englobar os fundamentos naturais que esboçaram os primeiros elementos de um espaço que foi acrescido de todo o produto social do trabalho, espelhando uma cultura, a cidade engloba ação política (moral e ética), mediação estética, conciliando o útil funcional ao belo, numa congregação altamente acumulada de conflitantes interesses, requer a vigência de um pacto social, regido por uma ordem jurídica que assegure adequação e equidade ao que é produzido pela técnica (MONTEIRO, 2008, p.80).

Na prática existem muitas dificuldades de superar uma visão economicista do espaço que se materializa nas relações hostis diante da natureza, principalmente no ambiente urbano. Entretanto, atentando às questões ambientais, especificamente, é fato que o ser humano necessita de qualidade ambiental: ar puro, água limpa, solos agricultáveis entre outros para se desenvolver (NUCCI, 2008).

Em relação ao clima Lombardo (2009) explica que a relação entre a escala global e local, é extremamente complexa e não se dá de modo causal simples, e ainda que a influência da temperatura das cidades é irrelevante para o global, uma vez que as superfícies construídas não chegam a 1% da superfície terrestre. Entretanto no quesito lançamento de GEEs, a atual sociedade de consumo é extremamente relevante:

Devido ao incremento no gasto de energia (para uso doméstico, transportes, para fins industriais, entre muitos outros, ditados por uma constante necessidade de reduzir as distâncias e elevar o nível de vida (KANN, 2006), as cidades são as fontes mais importantes de GEE, contribuindo com cerca

de 85% para as emissões totais de CO<sub>2</sub>, CFCs e O<sub>3</sub> troposférico (OKE, 1997). A elevada densidade dos poluentes na pluma urbana afeta a química da atmosfera e o clima em larga escala (CRUTZEN, 2004). Segundo alguns autores, o incremento da convecção, como resultado do aquecimento sobre as áreas urbanas, poderá contribuir para o transporte de água e de poluentes para a média e alta troposfera, com potenciais consequências em nível regional e global (CRUTZEN, 2004; SHERWOOD, 2002) (LOMBARDO, 2009, p.116).

A autora continua, e explica que de modo geral há problemas associados a modificações no balanço radioativo, alteração na circulação atmosférica próxima, aumento da poluição atmosférica, aumento da precipitação convectiva e formação de ilhas de calor urbanas (ICU), e que tudo isso é causado pela degradação ambiental de origem antrópica.

No que confere ao fenômeno das ICUs, Costanzo et al. (2016) atribuem à alta densidade populacional um aquecimento adicional, o que caracterizaria o fenômeno. Amorim et al. (2009) explicam que a principal definição das ICUs é relativa as diferenças de uso do solo que existem entre áreas com densidade de edificações, concentração de materiais de grande potencial energético de emissividade e reflectância, bem como atividades urbanas que liberam calor na atmosfera próxima, e, ainda, áreas com características opostas a estas (rurais ou periurbanas). Esse efeito, aliado ao fato de que existem regiões na Terra que, ao menos durante determinados períodos, são naturalmente quentes e úmidas, impulsionam a procura por equipamentos que amenizem a sensação de calor, tais como ventiladores e condicionadores de ar. Tais equipamentos, apesar de tornar um ambiente isolado mais confortável, contribuem para o lançamento de GEEs por meio do consumo de energia e, por vezes, do próprio funcionamento dos equipamentos.

A título de exemplo, um condicionador de ar de 12.000 BTU/h irá, além de transferir cerca de 3,5kJ de energia por segundo (relacionado ao calor que está retirando do ambiente – aproximadamente 3,5 kW) de um ambiente para outro, dissipar energia a uma potência aproximadamente de 1 kW por consequência principalmente do consumo elétrico do compressor do refrigerante do aparelho, conforme Ananthanarayanan (2013) e Tipler e Mosca (2012).

Cortez (2009), comenta que havia no Brasil perdas energéticas superiores a 50% no quesito refrigeração de prédios comerciais, sendo que seus usos não seriam racionalizados e não eram utilizados equipamentos adequados. É apenas no ano de 2018 que a manutenção de equipamentos de refrigeração do ar torna-se obrigatória para ambientes de prestação de serviços públicos e privados, conforme a Lei 13.589/18.

Lombardo (2009) explica, também, que entre os motivos para a existência de ICUs estão: emissão de calor de origem antrópica; diferentes materiais com capacidade de acumular energia térmica durante o dia e liberá-la à noite, modificação nas rugosidades dos sítios urbanos; redução da evapotranspiração devido à falta de espaços livres de edificação com presença de vegetação; modificações no balanço radioativo devido aos materiais de construção e das cores utilizadas nas superfícies.

Considerando os efeitos das ICUs sobre os seres humanos é importante ressaltar o conforto térmico da espécie. O tema é até certo ponto controverso, pois, aspectos culturais regionais implicam em variações de temperaturas ideais. No entanto algumas mensurações podem ser apresentadas, como mostra a Figura 1 analisando a umidade relativa e a temperatura.

O planejamento, desse modo, sugere soluções atuantes diante do clima urbano e que passam pela criação de um sistema de espaços livres, arborização, criação de áreas verdes e exposição de lâminas d'água. Essas soluções podem gerar melhorias no conforto térmico, estabilização de superfícies, melhor qualidade do ar, redução da poluição sonora, entre outras (NUCCI, 2008).

Em edifícios e residências, quando a radiação solar atinge a superfície dos telhados, uma parte da energia é refletida e o restante é absorvida (SABER *et al.*, 2012). A parte absorvida da energia solar resulta em um aumento na temperatura da superfície do telhado, e conseqüentemente, um aumento

na temperatura da residência. Graças a esse fato, sob condições desfavoráveis, a luz solar absorvida também aumenta os custos de resfriamento em edifícios e casas com ar condicionado, piora o conforto térmico e agrava a mortalidade durante ondas de calor, conforme Sproul (*et al.*, 2014). Assim, o desenvolvimento de sistemas alternativos para minimizar esses efeitos é benéfico tanto para a sociedade como para o ambiente.

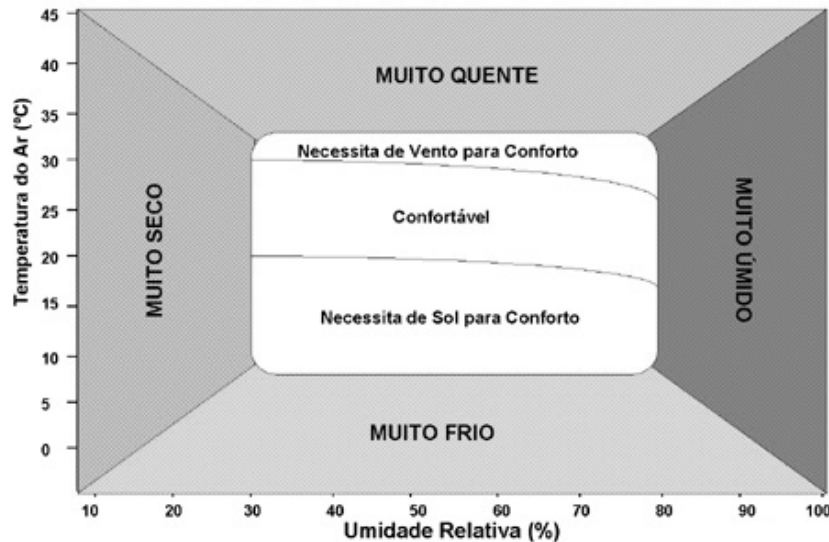


Figura 1 | Conforto térmico humano.

Fonte: Portal do Instituto Nacional de Meteorologia, 2020.

Um dos sistemas alternativos existentes é a instalação de painéis fotovoltaicos nos telhados. O uso desses painéis maximiza o aproveitamento de energia solar absorvendo-a e convertendo-a em energia elétrica. No entanto, Beise (2004) expõe que devido ao seu custo ainda relativamente alto, esse tipo de meio alternativo tem baixo uso, exceto em classes sociais mais elevadas. Outras alternativas, sugeridas por Saber *et al.* (2012) e também por Sproul *et al.* (2014), tratam da pintura dos telhados com cores claras, proposta chamada de telhado branco, e o cultivo de plantas nos telhados e lajes, chamado de telhado verde.

Um telhado parcial ou totalmente coberto por algum tipo de vegetação é considerado “verde” (SPROUL *et al.*, 2014). Essa característica concede aos telhados verdes a capacidade de, segundo Smith e Roebber (2011), resfriar o ambiente – por meio de um efeito chamado resfriamento por evaporação – prover de habitat para a vida biológica, melhorar a qualidade do ar através da filtração de poluentes, algum isolamento térmico, entre outros.

Com relação aos telhados brancos, Ramos (2017) explica que seu fundamento é a aplicação da propriedade de reflexão de cores claras, o que resulta em menor absorção térmica. O princípio que justifica o uso de telhas brancas, cujo fim é o de amenizar a temperatura de um ambiente interno em relação ao ambiente externo, se dá pelo fato de que a cobertura de um edifício está, durante o dia, sob constante iluminação do sol. Assim, a energia luminosa será convertida em energia térmica, o que irá aquecer o ambiente interno, levando a um efeito indesejado em climas quentes (TESTA; KRARTI, 2017). Para Levinson e Akbari (2010), nessas situações, ao amortizar o ganho térmico do telhado, ocorrem vantagens tanto em conforto quanto na diminuição do consumo elétrico, sob o prospecto de que o uso de equipamentos eletrônicos condicionadores de temperatura será reduzido.

O telhado branco baseia-se no fenômeno físico de que cores claras refletem mais luz incidida, levando a um menor ganho energético e térmico. Geralmente, telhados são pintados com alguma tinta branca ou adquiridos já nesta cor, sendo usados principalmente em climas quentes, devido à

redução de ganho de “calor”. Em razão da sua simplicidade e fácil aplicação, os telhados brancos são considerados fortes alternativas para aumento de conforto térmico e redução no uso de condicionadores de ar (LEVINSON E AKBARI, 2010).

Tendo a temperatura como uma propriedade mensurável de um sistema que expressa sua energia cinética interna, ou seja, o nível de agitação de suas moléculas, a lei zero da termodinâmica afirma que dois ou mais corpos com a mesma temperatura estarão em equilíbrio térmico, como explica Halliday et al. (2009). Esse equilíbrio térmico é o estado natural em que corpos não isolados entre si tendem a estar. Para que múltiplos corpos a diferentes temperaturas atinjam equilíbrio térmico, é necessário que haja fluxo de energia entre estes, que geralmente se dá por três processos básicos: condução, convecção e radiação térmica.

A transferência de calor via condução, no contexto de um habitáculo qualquer, irá ocorrer entre o ar externo e paredes e telhas do edifício, e, a fim de minimizar entrada de calor para o ambiente interno, a condutividade térmica dos materiais deve ser a menor possível. A cor do telhado não afeta essa propriedade, portanto não é de grande relevância ao tratar o telhado branco, mas é importante para aplicações quanto a isolamento térmico e dissipação de calor.

Siegel (2001) explica que todas as substâncias com temperatura maior que 0K perdem energia na forma de ondas eletromagnéticas. Esse fenômeno é chamado de radiação térmica. A radiação emitida pelas substâncias possui diversos níveis de frequência, sendo as mais comuns aquelas localizadas entre o infravermelho e a luz visível.

No âmbito dos telhados brancos, é importante ter o conhecimento da radiação térmica e da emissividade para reconhecer que a pintura de um telhado pode ou não ter um efeito significativo, dependendo do material sob o qual for aplicado, porém independe diretamente da cor da tinta.

Em relação aos fenômenos ondulatórios, tanto a reflexão quanto a absorção são relevantes aos telhados brancos. Uma vez que o telhado for branco, ou seja, possuir todas as cores do espectro visível sendo refletidas a partir de si, ele estará absorvendo apenas uma parte da energia incidida, evitando a entrada desnecessária de energia térmica para o ambiente interno. Os telhados brancos podem ser melhorados, segundo Xue et al. (2015), se possuírem um revestimento branco baseado em um copolímero de acrilato de estireno, o qual é capaz de cobrir todo o espectro visível e grande área do infravermelho próximo.

O município de São Borja, assim como a maior parte do estado do Rio Grande do Sul, é classificada, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), como clima temperado mesotérmico brando superúmido, ou seja, com temperaturas médias entre 10 °C e 15 °C e sem períodos de seca. Uma vez que a temperatura ambiente no verão supera 40°C, superior à faixa de tolerância para conforto térmico humano, a utilização de aparelhos de ar-condicionado e ventiladores para amenizar a “sensação de calor” se torna uma ação frequente e constitui-se em um local favorável à utilização de telhados sustentáveis.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa faz uma revisão teórica sobre o processo de globalização atual e traz a luz da discussão os temas relativos ao consumo, planejamento e problemas ambientais urbanos. Por fim, trata de alternativas para a redução do aquecimento em edificações.

O experimento consistiu em monitorar e registrar, por meio de termômetros automáticos, a temperatura interna de dois habitáculos de madeira com telhas de fibrocimento, uma pintada de branco e outra coberta em cor cinza, buscando-se verificar e quantificar a diferença de temperatura nos ambientes em função da cor da telha.



#### 4.1 PREPARO INICIAL

Foram adquiridos três termômetros digitais *data logger*, do tipo de contato, com memória interna para armazenamento de dados, da empresa *Instrutherm*<sup>®</sup>, modelo HT-810. Após o recebimento dos instrumentos, foram realizados breves testes relativos à calibração, nos quais foi verificado se as unidades exibiam consistentemente a mesma temperatura, estando nas mesmas condições. Por alguns dias, os termômetros foram postos lado a lado simultaneamente, enquanto gravavam as temperaturas. Constatou-se que a diferença entre os termômetros era mínima (desvio padrão menor que 0,1 °C).

Foi encomendada a construção de dois habitáculos idênticos, sendo construídos de madeira de pinheiro com as seguintes dimensões: 1m. de comprimento e largura, gerando 1m<sup>2</sup> de área, e possuindo 0,7m. de altura (Figura 2). Os habitáculos foram organizados com base na proporção de uma residência de classe média da região.



**Figura 2** | Imagem das casas em miniatura com telhados instalados.

*Fonte: O autor, 2017.*

Foi adquirida uma folha de telhado de fibrocimento de espessura de 6mm com 2m de comprimento por 1m de largura, aproximadamente, posteriormente cortada em dois pedaços iguais de 1m<sup>2</sup> cada, de forma que repousassem sem folgas sobre os habitáculos.

#### 4.2 CONFIGURAÇÃO EXPERIMENTAL 1: AFERIÇÃO DE TEMPERATURAS DO AR

Todos os testes preliminares, assim como alguns experimentos definitivos mediram a temperatura interna (do ar) dentro dos habitáculos. Nesses casos os termômetros instalados para aferição da temperatura interna foram postos no centro do lado da caixa virado para o norte, a uma altura de aproximadamente 40cm acima da base da caixa. Para evitar o aquecimento direto por conta das paredes de madeira, entre os termômetros e as paredes foram postas pequenas placas de isopor totalizando por volta de 2cm de espessura.

#### 4.3 CONFIGURAÇÃO EXPERIMENTAL 2: AFERIÇÃO DE TEMPERATURAS COM ÁGUA

Após análise dos dados obtidos com os experimentos apenas com ar, percebeu-se que temperaturas variavam de maneira muito brusca, oscilando muito rapidamente em comparação com o que era esperado para um local residencial interno. Para melhorar esses resultados, decidiu-se utilizar água no experimento, a fim de que haja uma inércia térmica dentro das casas.

No que diz respeito ao experimento no qual os termômetros mediram a temperatura da água, duas latas de 18 litros foram preenchidas com 10kg (e 15kg em outra fase do experimento) de

água. Os termômetros foram dispostos flutuando na superfície da água. As latas em si foram colocadas no centro dos habitáculos, mantendo distância aproximadamente igual entre a lata e cada uma das laterais. A utilização de água no experimento também permitiu a realização de cálculos básicos de energia.

## 5 RESULTADOS

Foram realizados quatro ensaios experimentais com os termômetros nos habitáculos, cada qual em períodos diferentes e sob diferentes condições de tempo. Em cada experimentação realizada modificaram-se alguns aspectos específicos, como a mudança da localização do termômetro de temperatura ambiente e a adição e mensuração da temperatura da água. Os índices coletados tratam-se dos dados dos termômetros *data-logger*, que registraram temperaturas à taxa de uma medida por minuto, em todos os casos.

### 5.1 TESTE SIMPLES SEM ÁGUA 01: AGOSTO DE 2017

O termômetro ambiente foi posto em um lugar distante dos habitáculos, sendo fixado em uma parede permanentemente sombreada, em uma área externa coberta (Figura 2).

Percebe-se que a linha que representa a temperatura do ar no telhado branco indica valores de temperaturas menores do que no telhado cinza, enquanto a linha de temperatura ambiente tem utilidade apenas como referência básica.

É possível notar que há intervalos de tempo em que todos os termômetros registravam temperaturas muito próximas. Isso ocorreu em períodos noturnos e quando o tempo estava nublado ou chuvoso, situações em que a intensidade da luz solar é reduzida ou nula.

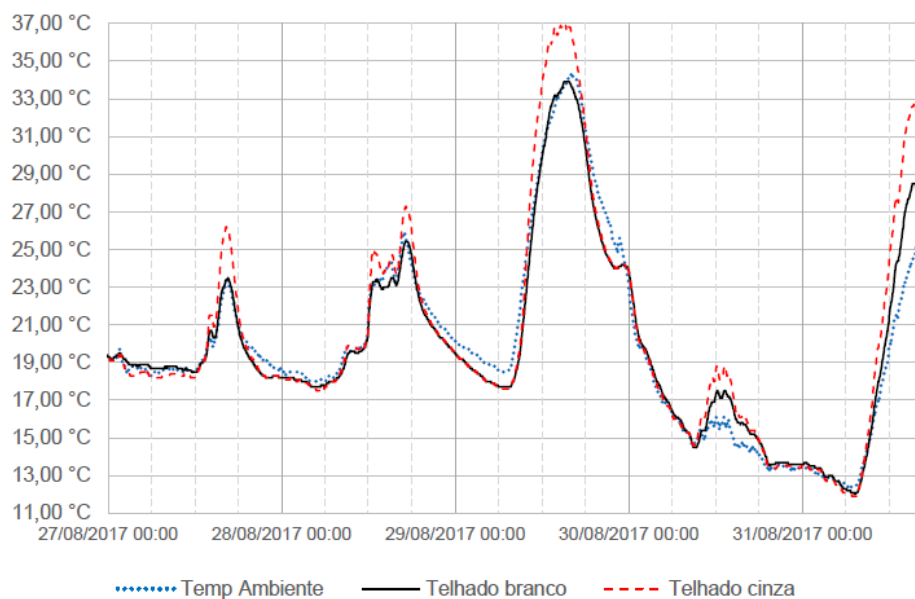
Foi realizada uma média aritmética geral de todos os valores de temperatura entre a zero hora do dia 27 até às 17h do dia 31 de agosto. Isso representa uma redução em geral de 0,57°C devido à cor do telhado.

A média anterior está, no entanto, levando em conta o horário noturno, no qual não se esperaria qualquer diferença em razão da cor dos telhados. Se realizarmos uma média aritmética das mesmas temperaturas em horários em que há incidência de luz solar, obteremos resultados diferentes, presentes na Tabela 1.

Os resultados da tabela 1 sugerem que a diferença de temperatura durante o período diurno é quase sempre superior a 0,57 °C. Assumindo que apenas os dias 29 e 31 de agosto tiveram sol pleno, a redução de temperatura média diurna foi de 2,59°C, enquanto que em um dia nublado ou chuvoso (27, 28 e 30) houve redução de aproximadamente 0,65°C.

Com relação às temperaturas máximas, o dia 29 de agosto apresentou as temperaturas mais elevadas. A temperatura ambiente máxima chegou a 34,2°C, enquanto as temperaturas máximas internas das casas com telhados branco e cinza foram, respectivamente, 33,9°C e 37°C, uma diferença de mais de 3°C.

**Gráfico 1** | Representação gráfica dos resultados obtidos durante o primeiro ensaio experimental.



Fonte: O autor, 2017.

**Tabela 1** | Média aritmética de temperaturas do primeiro ensaio experimental em períodos de insolação.

Dias e intervalos considerados	Teste 01 – Média das temperaturas registradas			
	Ambiente	Telha Branca (TW)	Telha Cinza (TG)	$\Delta T$ (TW – TG)
27/08 – 08HS TO 18 HS	19.96°C	20.07°C	20.61°C	0.51°C
28/08 – 08HS TO 18 HS	22.25°C	21.94°C	22.74°C	0.80°C
29/08 – 08HS TO 18 HS	29.65°C	28.99°C	31.50°C	2.51°C
30/08 – 08HS TO 18 HS	15.09°C	15.95°C	16.55°C	0.60°C
31/08 – 08HS TO 18 HS	20.15°C	22.06°C	24.74°C	2.68°C

Fonte: O autor, 2017.

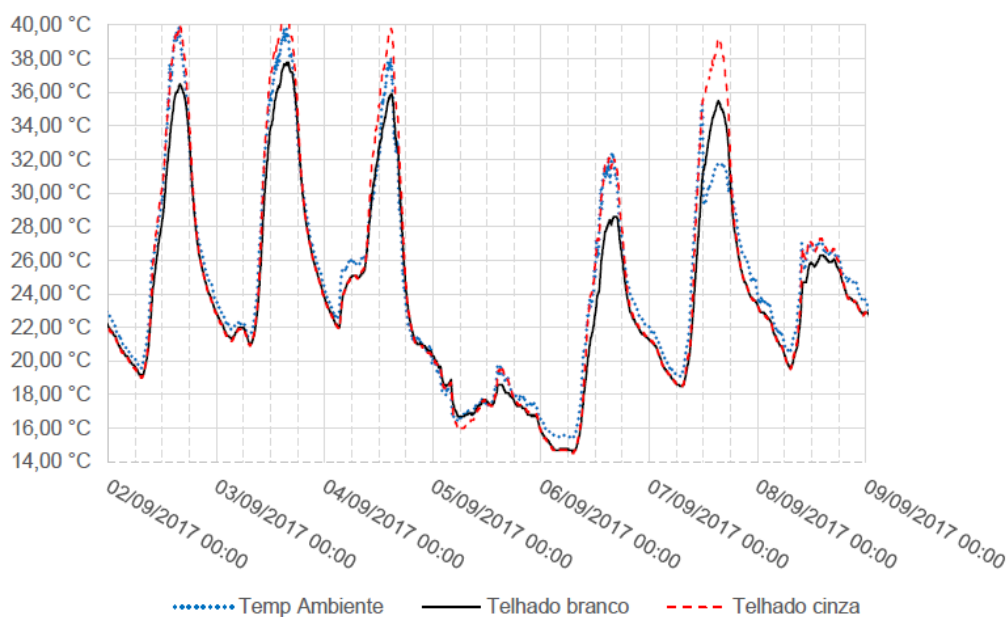
## 5.2 TESTE SIMPLES SEM ÁGUA 02: SETEMBRO DE 2017

Entre os dias 1 e 9 de setembro foi realizado outro teste experimental, em que a única diferença se fez no posicionamento do termômetro de temperatura ambiente, que esteve fixado ao lado externo da face sul da casa com a telha branca, separado da madeira em si por duas placas de 10mm.

Os dados entre o dia dois até a zero hora do nono dia do mês (que possuem dados completos), apontam para resultados similares aos do ensaio anterior, isto é, redução de temperatura diurna até 3°C (Figura 4).

Ao realizar médias aritméticas dos períodos com alguma incidência de sol, de maneira correspondente ao que foi feito no teste anterior, obtém-se os dados apresentados na tabela 2, que aponta para uma redução média na temperatura de cerca de 2,20 °C, nas melhores hipóteses, e inferior a 1,00 °C em situações desfavoráveis (com baixa radiação solar).

**Gráfico 2** | Representação em forma de gráfico dos dados obtidos durante segunda fase dos experimentos



Fonte: O autor, 2017.

Apesar de os resultados, apenas medindo-se a temperatura do ar, serem razoavelmente consistentes entre si, não é possível, intuitivamente, verificar viabilidade econômica apenas com esses dados. Além disso, as temperaturas internas dos habitáculos variavam muito rapidamente durante o dia, tornando-se muito similares à temperatura ambiente em pouco tempo, fato que não confere com o esperado para uma casa em escala real, cuja temperatura interna oscila de maneira mais vagarosa.

### 5.3 TESTE COM ÁGUA 01: SETEMBRO DE 2017

Tendo em vista a rápida variação de temperatura interna verificada nos testes anteriores, procurou-se introduzir elementos que aumentariam a capacidade e inércia térmica do interior dos habitáculos. Optou-se pelo uso de água, cujo calor específico  $c$  é relativamente alto e amplamente conhecido na literatura científica ( $4,18\text{J/g} \cdot \text{K}$ ) (BAUER et al., 2013).

O teste foi realizado entre os dias 19 a 21 do mês de setembro e os dados dispostos em forma de gráfico. É possível perceber que a oscilação das temperaturas internas é “suavizada”, se comparada às linhas da temperatura ambiente mesmo tendo o clima sido ensolarado constantemente (Figura 5).

**Tabela 2** | Médias de temperatura em períodos diurnos para o segundo ensaio experimental

Dias e intervalos considerados	Teste 02 – Média das temperaturas registradas			
	ambiente	Telha Branca (TW)	Telha Cinza (TG)	$\Delta T$ (TW – TG)
02/09 – 08HS TO 19 HS	31.94°C	30.16°C	32.19°C	2.03°C
03/09 – 08HS TO 19 HS	33.91°C	32.58°C	34.60°C	2.01°C
04/09 – 08HS TO 19HS	30.33°C	30.18°C	32.04°C	1.86°C
05/09 – 08HS TO 19HS	18.00°C	17.67°C	17.86°C	0.19°C
06/09 – 08HS TO 19HS	26.30°C	23.89°C	26.29°C	2.40°C
07/09 – 08HS TO 19HS	29.60°C	29.98°C	32.65°C	2.67°C
08/09 – 08HS TO 19HS	25.92°C	24.95°C	25.78°C	0.83°C

Fonte: O autor, 2017.

A partir dos dados coletados, é possível realizar as médias acerca das temperaturas, gerando a Tabela 3, cujos resultados assimilaram-se aos dos experimentos anteriores, com uma diferença de aproximadamente 2°C em temperatura média (durante o dia) em razão da cor branca no telhado.

**Tabela 3 |** Médias de temperaturas em período diurno durante primeiros testes com água.

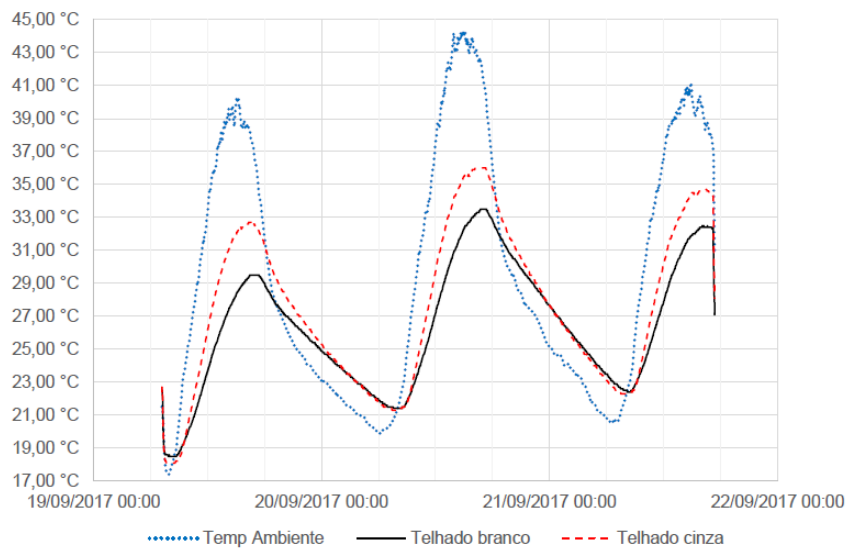
Dias e intervalos considerados	Teste 03 – Média das temperaturas registradas			
	Ambiente	Telha Branca (TW)	Telha Cinza (TG)	$\Delta T1$ (TW – TG)
19/09 – 08HS TO 19 HS	32.18°C	25.11°C	27.32°C	2.20°C
20/09 - 08HS TO 19 HS	36.42°C	28.73°C	30.77°C	2.04°C
21/09 – 08HS TO 17H15MIN	35.10°C	28.27°C	29.99°C	1.72°C

Fonte: O autor, 2017.

Em termos de temperaturas mínimas e máximas para cada data, os valores encontrados para os habitáculos estão dispostos na tabela 4. Os dados acerca da temperatura mínima e máxima diária, assim como a diferença entre estes valores ( $\Delta T2$ ) da água nos habitáculos possibilita a averiguação de um potencial valor de economia financeira.

Possuindo os valores de variação de temperatura ( $\Delta T2$ ), da massa de água no recipiente (m) (ignorando perdas por evaporação) e o valor do calor específico da água (c), é possível calcular a quantidade de energia térmica que foi absorvida a menos pelo telhado branco em comparação ao telhado cinza, na forma de calor sensível, cuja equação é dada por  $Q=mc\Delta T2$  (HALLIDAY *et al.*, 2009b).

**Gráfico 3 |** Representação gráfica dos dados obtidos durante os testes com água.



Fonte: O autor, 2017.

**Tabela 4 |** Valores de temperaturas mínimas e máximas para a água nas casas com telhas branca e cinza.

Date	Mínima		Máxima		Diferença $\Delta T2$	
	Telha branca	Telha cinza	Telha branca	Telha cinza	Telha branca	Telha cinza
19/09	18.6°C	18.1°C	29.5°C	32.7°C	10.9°C	14.6°C
20/09	21.4°C	21.3°C	33.5°C	36.0°C	12.1°C	14.7°C
21/09	22.5°C	22.3°C	32.4°C	33.6°C	9.9°C	11.3°C

Fonte: O autor, 2017.

Com essas informações é possível converter o valor calórico (kJ) em energia, na unidade de kWh, e, sabendo que a tarifa residencial básica cobrada por kWh pela concessionária de energia é de R\$ 0,452/kWh (excluindo ICMS; dados relativos a São Borja-RS), se torna exequível um cálculo simples acerca de economia financeira em razão da pintura do telhado, se comparado a um condicionador de ar (Tabela 5).

Por meio dos resultados obtidos na tabela 5, calculou-se um prospecto de economia de energia elétrica com base no experimento que aponta, para dias ensolarados, uma economia inferior a meio centavo por dia para cada metro quadrado de área pintada resfriada (uma vez que as casas em miniatura possuíam 1 m<sup>2</sup> de área de telhado).

**Tabela 5 |** Resultados de cálculos para economia financeira com os dados obtidos no primeiro teste experimental com água.

Data	Telha	$\Delta T_2$ (°C)	Q (kJ)	$\Delta Q$ (kJ)	$\Delta Q$ (kWh)	Economia (R\$ /dia m <sup>2</sup> )
19/09	White	10.90	456.27	154.89	0.043025	0.006482433
	Gray	14.60	611.16			
20/09	White	12.10	506.51	108.83	0.030230	0.004554653
	Gray	14.70	615.34			
21/09	White	9.90	414.41	58.61	0.016280	0.002452853
	Gray	11.30	473.02			
<b>Média</b>				<b>107.44</b>	<b>0.029845</b>	<b>0.004496646</b>

Fonte: O autor, 2017.

Extrapolando esse valor para um ano de 365 dias ensolarados, ainda assim haveria uma economia de apenas R\$ 1,64 por m<sup>2</sup> resfriado, assumindo que o ambiente seja resfriado por ar-condicionado durante todo o período da manhã e da tarde. Mesmo nessas melhores hipóteses, um ambiente de 50m<sup>2</sup> apresentaria uma economia de R\$ 82,06 em um ano com custos com resfriamento.

Os valores encontrados para economia com custos de refrigeração anual por m<sup>2</sup>, no contexto estadunidense, entre telhados brancos e telhados pretos variam entre US\$ 0,1 a US\$ 4,0, com um valor médio de US\$ 0,40 para os casos estudados, conforme Sproul et al. (2014).

Apesar da similaridade na ordem de grandeza dos valores financeiros encontrados neste trabalho e entre os citados na pesquisa estadunidense, não é adequado confrontar esses valores apenas via conversão monetária, uma vez que muitas variáveis nas pesquisas foram distintas entre si. De qualquer maneira, valores de economia financeira da dimensão mencionada são baixos e implicam em lento retorno sobre investimento inicial.

Em termos energéticos apenas, utilizando-se do valor médio de  $\Delta Q$  presente na tabela 5 e dividindo-o por 3, sob as condições citadas, um telhado pintado de branco poderia ter a capacidade de reduzir os ganhos energéticos (em eletricidade) em algo próximo de 3,63 kWh/ano para cada m<sup>2</sup> pintado e resfriado.

Dividindo os valores de energia Q do telhado branco pelos valores de energia Q do telhado cinza é possível encontrar uma redução em média de 18% no calor absorvido, que se levada em conta a eficiência de um ar-condicionado (dividindo o valor por 3) revela que haverá uma redução de cerca de 6% em custos com resfriamento.

Naturalmente o quanto de energia será rejeitada irá depender muito da estação e situação climática. Não obstante, os resultados obtidos são baixos se comparados aos apresentados por Synnefa et al. (2007), que identificam em sua simulação uma economia energética entre 9 e 49 kWh/m<sup>2</sup>/ano para variados locais.

## 5.4 TESTE COM ÁGUA 02: OUTUBRO DE 2017

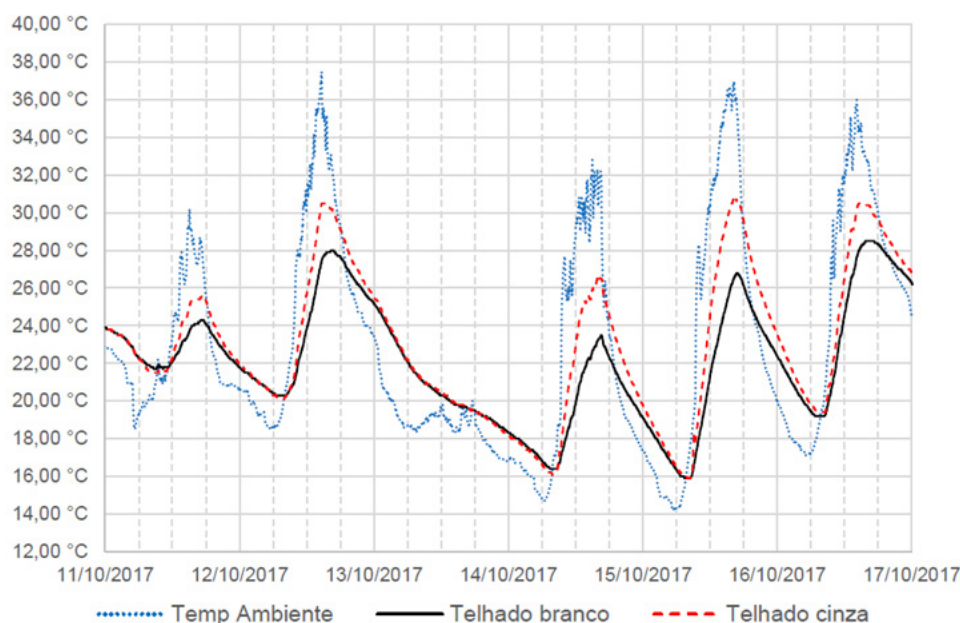
O último ensaio experimental se deu entre os dias 11 e 29 de outubro de 2017. Foi utilizada a mesma metodologia do teste anterior, sendo que a única variação entre os experimentos foi a quantidade inicial de água no recipiente interno, sendo de 15 kg neste último teste. Dado o longo período de tempo de experimentação, a representação gráfica será dividida em três gráficos para facilitar a visualização, Figura 6, Figura 7 e Figura 8. Salienta-se que os eixos verticais principais (de cada dia), correspondem à meia-noite do dia em questão, para todos os gráficos.

Uma breve análise dos gráficos nos mostra que houve grande variação nos tempos durante todo o período de experimentação, com vários dias cujo gráfico de temperatura ambiente é bastante instável durante o período diurno, indicando insolação variada (nuvens, chuvas ou vento significativo). A grande variabilidade é no entanto proveitosa, uma vez que em situação real não necessariamente haverá sol pleno em longos intervalos de dias.

Aplicando o mesmo tratamento utilizado previamente para obter média das temperaturas, obtém-se a Tabela 6, que em geral aponta para uma diferença média de cerca de 1,54°C, número inferior aos encontrados previamente, todavia compreensível em vista do grande número de dias sem insolação constante.

Para calcular a economia financeira, foi utilizado o mesmo procedimento, com o valor diferença de temperatura máxima e mínima ( $\Delta T_2$ ) sendo apresentado diretamente. Os horários para aferição de temperatura mínima e máxima foram das 08h e 16h30, respectivamente. Os dados obtidos se encontram na Tabela 7.

**Gráfico 4** | Representação gráfica das temperaturas no segundo teste com água entre 11 a 17 de outubro.

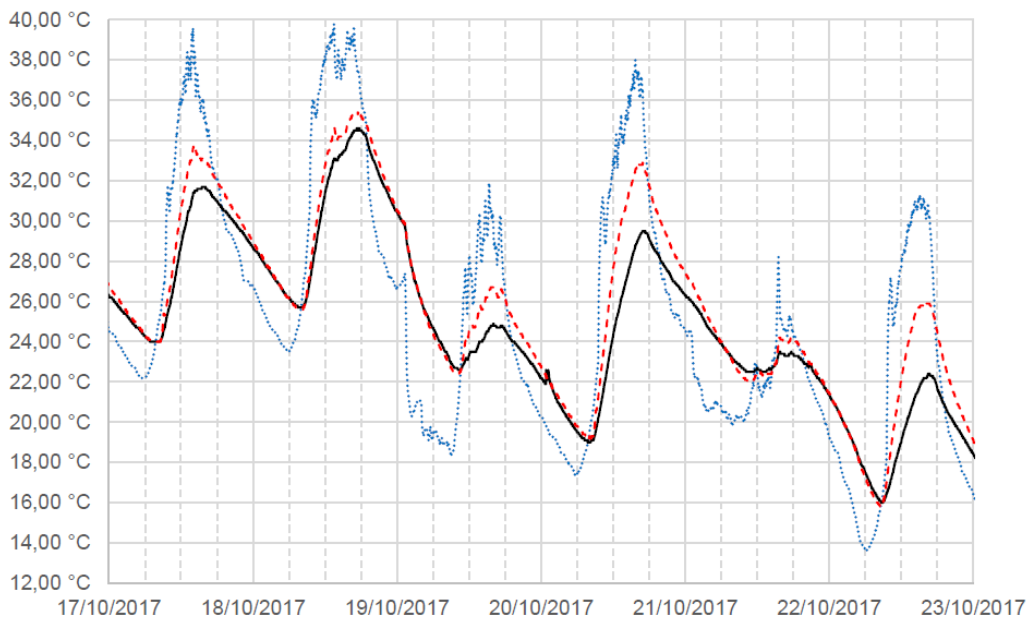


Fonte: O autor, 2017.

Nesse caso, apesar da menor diferença entre temperatura média mencionada anteriormente, os dados da Tabela 7 apontam para uma economia diária média de aproximadamente R\$ 0,63 centavos por m<sup>2</sup> de área branca e resfriada (por ar-condicionado) por dia, o que totalizariam R\$ 2,30/m<sup>2</sup>/ano economizados. Da mesma forma, em termos energéticos, prevê-se uma economia de 5,09 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

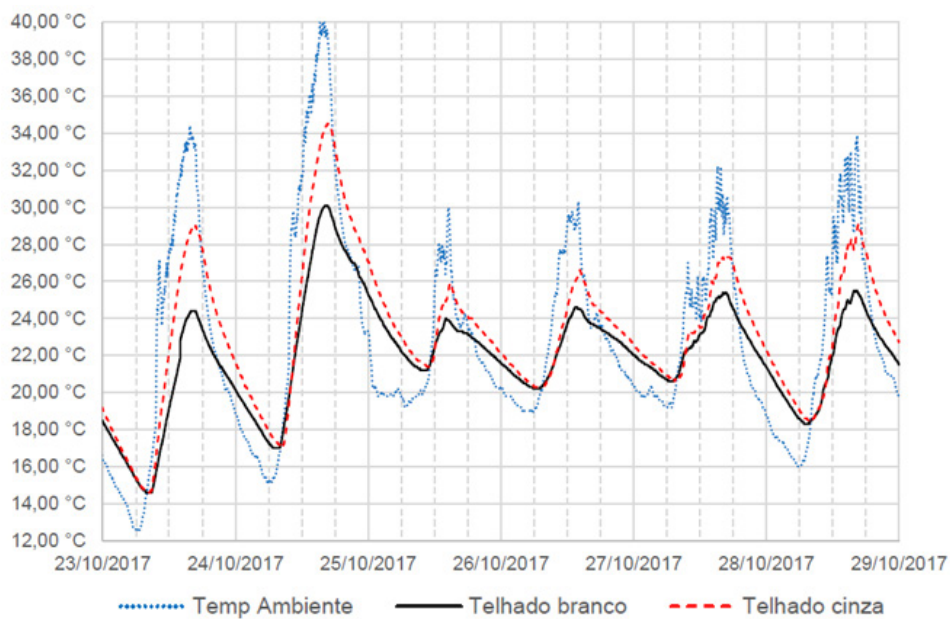
Com relação às porcentagens, há um prospecto de economia de cerca de 9% com custos com climatização, uma vez que a telha pintada de branco irá absorver quase 27% menos energia térmica do que a telha cinza.

**Gráfico 5** | Representação gráfica das temperaturas no segundo teste com água entre 17 a 23 de outubro.



Fonte: O autor, 2017.

**Gráfico 6** | Representação gráfica das temperaturas no segundo teste com água entre 23 a 29 de outubro.



Fonte: O autor, 2017.

**Tabela 6** | Médias de temperaturas em período diurno durante segundo teste com água.

Dias e intervalos considerados	Teste 04 – Média das temperaturas registradas			
	Ambiente	Telha Branca (TW)	Telha Cinza (TG)	$\Delta T1$ (TW – TG)
11/10 – 08HS TO 19 HS	22.70°C	22.91°C	23.51°C	0.60°C
12/10 – 08HS TO 19 HS	29.87°C	24.98°C	26.63°C	1.65°C
13/10 – 08HS TO 19HS	19.02°C	20.13°C	20.21°C	0.08°C
14/10 – 08HS TO 19HS	26.72°C	20.60°C	22.94°C	2.34°C
15/10 – 08HS TO 19HS	29.80°C	22.46°C	25.46°C	3.00°C



Dias e intervalos considerados	Teste 04 – Média das temperaturas registradas			
	Ambiente	Telha Branca (TW)	Telha Cinza (TG)	$\Delta T1$ (TW – TG)
16/10 – 08HS TO 19HS	30.19°C	25.35°C	26.95°C	1.60°C
17/10 – 08HS TO 19HS	33.35°C	29.11°C	30.40°C	1.29°C
18/10 – 08HS TO 19HS	36.11°C	31.58°C	32.46°C	0.88°C
19/10 – 08HS TO 19HS	25.88°C	23.80°C	24.82°C	1.02°C
20/10 – 08HS TO 19HS	31.58°C	25.39°C	28.11°C	2.72°C
21/10 – 08HS TO 19HS	22.61°C	22.90°C	22.94°C	0.04°C
22/10 – 08HS TO 19HS	26.06°C	19.79°C	22.41°C	2.62°C
23/10 – 08HS TO 19HS	27.28°C	20.47°C	23.54°C	3.07°C
24/10 – 08HS TO 19HS	31.86°C	25.49°C	27.86°C	2.37°C
25/10 – 08HS TO 19HS	23.77°C	22.65°C	23.46°C	0.81°C
26/10 – 08HS TO 19HS	25.79°C	23.22°C	24.16°C	0.94°C
27/10 – 08HS TO 19HS	26.58°C	23.69°C	24.74°C	1.05°C
28/10 – 08HS TO 19HS	27.05°C	22.74°C	24.44°C	1.70°C
<b>MÉDIA</b>	<b>27.57°C</b>	<b>23.74°C</b>	<b>25.28°C</b>	<b>1.54°C</b>

Fonte: O autor, 2017.

De maneira geral, utilizando-se dos resultados de todos os experimentos, verificou-se uma redução de temperatura média de aproximadamente 2 °C para dias ensolarados e valores inferiores a 0,5 °C para situações em que o clima não é favorável, gerando economia em potencial cerca de quase R\$ 2,00/ano por metro quadrado pintado e resfriado, o que também se traduziria em 4,40 kWh/ano/m<sup>2</sup> em energia elétrica.

**Tabela 7 |** Resultados de cálculos para economia financeira com os dados obtidos no segundo teste experimental com água.

Data	Telha	$\Delta T2$ (°C)	Q (kJ)	$\Delta Q$ (kJ)	$\Delta Q$ (kWh)	Economia (R\$/dia m <sup>2</sup> )
11/10	White	2.20	138.14	100.46	0.027907	0.004205
	Gray	3.80	238.60			
12/10	White	7.70	483.48	144.42	0.040116	0.006044
	Gray	10.00	672.90			
13/10	Not applied. No temperature increase were registered during the afternoon					
14/10	White	7.10	445.81	200.93	0.055813	0.008409
	Gray	10.30	646.74			
15/10	White	10.80	678.13	251.16	0.069767	0.010512
	Gray	14.80	929.29			
16/10	White	9.30	583.95	106.74	0.029651	0.004467
	Gray	11.00	690.69			
17/10	White	7.50	470.93	81.86	0.022674	0.003416
	Gray	8.80	552.55			
18/10	White	8.60	539.99	62.79	0.017442	0.002628
	Gray	9.60	602.78			
19/10	White	1.30	81.63	119.30	0.033139	0.004993
	Gray	3.20	200.93			

Data	Telha	$\Delta T_2$ (°C)	Q (kJ)	$\Delta Q$ (kJ)	$\Delta Q$ (kWh)	Economia (R\$ /dia m <sup>2</sup> )
20/10	White	10.30	646.74	207.21	0.057558	0.008672
	Gray	13.60	853.94			
21/10	White	0.30	18.84	50.23	0.013953	0.002102
	Gray	1.10	69.07			
22/10	White	6.10	383.02	238.60	0.066278	0.009986
	Gray	9.90	621.62			
23/10	White	9.80	615.34	276.28	0.076743	0.011563
	Gray	14.20	891.62			
24/10	White	13.10	822.55	257.44	0.071511	0.010744
	Gray	17.20	1079.99			
25/10	White	1.80	113.02	43.95	0.012209	0.001840
	Gray	2.50	156.98			
26/10	White	3.20	200.93	75.35	0.020930	0.003153
	Gray	4.40	276.28			
27/10	White	4.50	282.56	125.58	0.034883	0.005256
	Gray	6.60	408.14			
28/10	White	6.90	433.25	219.77	0.061046	0.009198
	Gray	10.40	653.02			
<b>AVERAGE</b>				<b>150.70</b>	<b>0.041860</b>	<b>0.006307</b>

Fonte: O autor, 2017.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS PRÁTICOS

A diferença na coloração do telhado produz impacto considerável na temperatura de um habitáculo, com uma redução média de 2 °C para dias ensolarados. Uma redução dessa escala é perceptível, porém implica em pouca economia com energia elétrica, acarretando em lento retorno sobre o investimento.

A pintura de telhas já instaladas na cor branca não deve possuir como objetivo primário a economia de energia elétrica, mas sim uma redução na temperatura interna e aumento da eficiência energética e térmica do edifício. Outra justificativa para utilização do método se dá em virtude do potencial efeito de redução do fenômeno de ICU em uma cidade, se adotada em larga escala, apesar de estudos inconclusivos quanto ao efeito em nível global.

Desse modo, a pesquisa está de acordo com as premissas discutidas no referencial teórico, uma vez que a redução da temperatura implica no menor consumo de aparelhos condicionadores de ar, isso gera um menor consumo de energia elétrica e conseqüentemente uma menor dependência de energia/ tecnologia para a manutenção do conforto térmico dos moradores.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de um modelo de globalização homogeneizante, pautado no consumo e na coisificação do espaço, preferencialmente no espaço urbano, onde se concentra a população mundial, constatou-se que as questões ambientais não são incorporadas na prática das políticas norteadoras do desenvolvimento de fato.

A materialização desse processo ocorre de forma global em diferentes escalas. Em âmbito mundial, presencia-se, por exemplo, o fenômeno do aquecimento global. Em escalas locais enquentes,

deslizamentos, ou problemas climáticos como ilhas de calor urbanas são frequentes e refletem, muitas vezes, as desigualdades sociais.

Tendo em vista os problemas no modo de desenvolvimento das sociedades de consumo, constata-se que medidas visando mudar tais processos podem partir de escalas locais. Nesse contexto, os telhados brancos despontam como uma alternativa viável, pois, além do aspecto físico relacionado ao clima, podem ser alavancado com políticas públicas.

Ademais, sobre a parte técnica apresentada, este trabalho pode servir como contribuição para o acervo científico acerca do assunto, podendo a pesquisa ser aprimorada em vários aspectos, como testes com diferentes materiais de cobertura, tipos de tintas, cores e tamanho de habitáculos.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. C. T. et al. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Revista Confins**. 2009.

ANANTHANARAYANAN, P. N. **Basic Refrigeration and Air Conditioning**. Nova Delhi: McGraw-Hill Education, 2013.

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. **Física para Universitários: relatividade, oscilações, ondas e calor**. São Paulo: McGraw Hill Brasil, 2013.

BEISE, M. **The International Adoption of Photovoltaic Energy Conversion: is Japan a leading market**. Kobe: RIEB, 2014.

BRASIL. Consumers International. Ministério do Meio Ambiente. Instituto de Defesa do Consumidor. **Consumo sustentável: manual de educação**, 2005.

BRASIL. Lei n. 13.589, de 04 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF.

CORTEZ, A.T.C. Consumo e desperdício: as duas faces das desigualdades. In: ORTIGOZA, A. G. S.; CORTEZ, A. T. C. (Org.). **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano**, p. 35-62. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

COSTANZO, V.; EVOLA, G.; MARLETTA, L. Energy savings in buildings or UHI mitigation? Comparison between green roofs and cool roofs. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 247-255, 2016.

DAVIS, M. **Planeta Favela**. São Paulo: Biotempo, 2006.

GOLDSTEIN, N. **Global Warming**. New York: Facts On File, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Clima do Brasil**. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf)>. Acesso em: mar. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Conforto térmico humano**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortotermicoHumano>>. Acesso em: mar. 2019.

LEVINSON, R.; AKBARI, H. Potential benefits of cool roofs on commercial buildings: conserving energy, saving money, and reducing emission of greenhouse gases and air pollutants. **Energy Efficiency**, p. 53-109, 2010.

LOMBARDO, M. A. Análise das mudanças climáticas nas metrópoles: o exemplo de São Paulo e Lisboa. In: ORTIGOZA, A. G. S.; CORTEZ, A. T. C. (Org.). **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano**, p.111-148. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

MILLER, T.; SPOOLMAN, S. **Ecologia e Sustentabilidade**. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

- MONTEIRO, C. A. de F. O homem, a natureza e a cidade: planejamento do meio físico. **Revista Geografar**. 2008.
- NETTO, J. P. Prefácio. In: ZIEGLER, J. **Destruição em massa: geopolítica da fome**. São Paulo: Cortez, 2013.
- NOVAES, H. T. **Reatando um fio interrompido: a relação universidade-movimentos sociais na América Latina**. São Paulo: Expressão Popular – Fapesp, 2012.
- NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. Curitiba, 2008.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Divisão de População do Departamento dos Assuntos Económicos e Sociais da Organização das Nações Unidas. **Word urbanization prospects**. Disponível em: <<https://esa.un.org/unpd/wup/>> Acesso em: set. 2017.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Perspectivas da População Mundial**. Disponível em: <<https://population.un.org/wpp/>>. Acesso em: mar. 2019.
- ORTIGOZA, A. G. S. Da produção ao consumo: dinâmicas urbanas para um mercado mundial. In: ORTIGOZA, A. G. S.; CORTEZ, A. T. C. (Org.). **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano**, p. 11-34. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- RAMOS, A. **Por que Los Angeles começou a pintar suas ruas de branco?** Disponível em: <<http://engenhariae.com.br/editorial/arquitetura/por-que-los-angeles-comecou-a-pintar-suas-ruas-de-branco/>>. Acesso em: 04 set. 2017.
- SABER, H. H. et al. Long-term hygrothermal performance of white and black roofs in North American climates. **Building and Environment**, v. 50, p.141-154, 2012.
- SANTOS, M. **Por uma outra Globalização**. São Paulo: Record, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Da totalidade ao lugar**. São Paulo: Edusp, 2005.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. Organização das Nações Unidas. Canadá. **Cities and Biodiversity Outlook**, 2012.
- SIEGEL, R. **Thermal Radiation Heat Transfer**. 4. ed. Nova Iorque: Taylor and Francis, 2001.
- SMITH, K. R.; ROEBBER, P. J. Green Roof Mitigation Potential for a Proxy Future Climate Scenario in Chicago, Illinois. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**. v. 50, n. 3, p. 507-522, 2011.
- SPROUL, J. et al. Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States. **Energy and Buildings**. v. 71, p. 20-27, 2014.
- TESTA, J.; KRARTI, M. Evaluation of energy savings potential of variable reflective roofing systems for US buildings. **Sustainable Cities and Society**. v. 31, p. 62-73, 2017.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2012.
- TONI, F. de; LARENTIS, F.; MATTIA, A. Um estudo sobre a configuração da imagem do conceito de consumo consciente. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. v. 6, n. 3, p. 113-128, 2012.
- UNITED NATIONS. **World social report 2020: inequality in a rapidly changing world**. UN-DESA, 2020.
- XUE, X. et al. The study of an energy efficient cool white roof coating based on styrene acrylate copolymer and cement for waterproofing purpose – Part I: Optical properties, estimated cooling effect and relevant properties after dirt and accelerated exposures. **Construction and Building Materials**. v. 98, p.176-184, 2015.