

O USO DE TELHADOS VERDES EM EDIFICAÇÕES SUJEITAS A CHUVAS DE GRANIZO

Diego Heusi Rampinelli¹

RESUMO

Um estudo acerca do uso de telhados verdes em edificações sujeitas a chuvas de granizo no Estado de Santa Catarina, este documento faz um panorama dos desastres naturais desta natureza que atingiram o território catarinense e da gestão de riscos de desastres. Apresenta uma revisão de conceitos e baseia-se no conhecimento técnico sobre o assunto já disseminado no Brasil, porém ainda mais difundido em outros países, para analisar como funciona esta tecnologia e seus potenciais benefícios à construção de comunidades resilientes. A partir daí é feito um estudo sobre como os parâmetros técnicos deste sistema construtivo podem auxiliar as edificações a mitigar particularmente os efeitos do granizo, analisando o atendimento a requisitos da NBR 15575-5/2013 e de recomendações de órgãos internacionais atinentes. O sistema construtivo estudado mostrou-se passível de aplicação. Resta implementar as ideias da pesquisa nas cidades mais suscetíveis a este evento crítico no Estado, envolvendo a comunidade local, os *stakeholders* da cadeia produtiva envolvida e os órgãos legisladores para criarem incentivos à construção de telhados verdes nas edificações.

Palavras-chave: Gestão de Riscos de Desastres. Granizo. Telhados Verdes. Santa Catarina. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

A alta frequência de eventos críticos nas últimas décadas mostra que, pela magnitude dos desastres, é inegável que a comunidade resente do apoio de instituições para o atendimento de suas necessidades básicas. Todo o espaço está sujeito a tais calamidades, sejam áreas urbanizadas ou rurais. Atualmente mais de 50% da população mundial reside em áreas urbanas, e prevê-se que aumente para 66% em 2050. A urbanização e as características complexas das cidades podem apresentar oportunidades de desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que têm potencial para aumentar vulnerabilidades e riscos. As

¹Graduado em Engenharia Civil (UFSC, 2012); Graduado em Administração Empresarial (ESAG/UDESC, 2013); Cadete do Curso de Formação de Oficiais (CBMSC, 2016-2018), Pós-graduando do Curso de Gestão de Riscos e Eventos Críticos (CBMSC, 2018). E-mail: rampinelli@cbm.sc.gov.br

características físicas e espaciais das áreas urbanas, a vulnerabilidade socioeconômica de seus cidadãos, a inadequação das capacidades institucionais e os desafios ambientais são alguns dos fatores de risco que prosperam na complexa situação das cidades (UNISDR, 2017, p. 10).

As ocorrências de desastres de origem natural no Estado de Santa Catarina tem ganhado destaque em virtude da quantidade de eventos e dos prejuízos acumulados nas últimas décadas, evidenciando-o como um dos estados mais afetados do país. Em terras catarinenses, assim como nos demais estados da Região Sul do Brasil, a queda de granizo – um tipo de desastre –, é frequente. No período compreendido entre 1991 e 2012 foram levantados 533 registros oficiais desse fenômeno, número que o condiciona como sendo o com maior registro de ocorrências neste período do país (CEPED, 2013, p. 101). Além disso, o prejuízo causado por este evento crítico no período de 1995 a 2014 foi da ordem de mais de 500 milhões de reais, valor de grande relevância para a economia do Estado (CEPED, 2016, p. 69). O setor mais afetado é o agrícola, principalmente a fruticultura e as plantações de fumo, e a localidade com maior recorrência de eventos deste tipo é a do planalto nas regiões do Centro e Oeste catarinense, por apresentarem clima mais frio, altitude e o efeito da continentalidade – combinado às frequentes tempestades severas que desencadeiam níveis elevados de taxas de precipitação (CEPED, 2013, p. 101). Percebe-se, portanto, a associação de fatores que corroboram para o desencadeamento deste tipo de desastre. A convivência com tais condições, porém, tem feito as cidades adaptarem suas rotinas a tais circunstâncias, conforme relatado por pesquisadores do assunto.

Alguns municípios, como Fraiburgo e São Joaquim, possuem técnicas avançadas para combater a precipitação de granizo, evitando prejuízos na produção macieira. Atualmente, utilizam-se os queimadores de solo, com base em iodeto de prata e acetona, como também telas de nylon e/ou plástico na cobertura dos pomares. Assim, é possível que a baixa frequência de granizo verificada nesses municípios esteja relacionada à utilização de sistemas antigranizo, evitando danos e prejuízos à produção agrícola da região (MAGNANO et al, 2015, p. 13).

Com base nisso, fica claro que o preparo da comunidade catarinense para ser atingida por grandes precipitações de granizo é bastante orientado às perdas econômicas do setor agrícola, enquanto as cidades, ambientes suscetíveis a grandes impactos ocasionados pelos eventos críticos, permanecem com uma postura muito pouco proativa no intuito de prevenir ou mitigar seus efeitos.

Nesse contexto, conviver com a chance da ocorrência do desastre persiste como um dilema. A Gestão de Riscos de Desastres é um domínio emergente e necessário, que subsidia

entender que o crescimento populacional nas cidades têm estimulado a ocupação de áreas de risco e implica desastres ambientais, e que estas precisam ser geridas de forma adequada, reduzindo as vulnerabilidades resultantes (PAI, 2014, p. 16).

Em suma, o desafio diz respeito ao direcionamento do desenvolvimento de toda uma comunidade de modo sustentável voltado ao ajuste deste mesmo núcleo às mudanças climáticas. É papel da Defesa Civil a preocupação e o cuidado com o bem da comunidade neste contexto, buscando minimizar ao máximo o impacto e a exposição da população-alvo. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas aponta que as ditas iniciativas “verdes”, na infra-estrutura das cidades, são medidas estruturais que se incluem dentre as identificadas como possíveis abordagens de adaptação das sociedades às mudanças climáticas (IPCC, 2015, p. 27). Nesta linha, o presente documento busca a integração direta da tríade de ideias tão em voga na discussão sobre desastres naturais em todo o mundo: a adaptação às mudanças climáticas, a busca pelo desenvolvimento sustentável e a gestão de riscos de desastres.

Para estudar isso, uma alternativa para os métodos tradicionais de cobertura das edificações, os telhados verdes surgem como uma opção aos proprietários para tornar as construções mais resilientes e adaptadas às solicitações impostas pelo granizo. Trata-se de uma tecnologia que possui um mercado estabelecido e vem crescendo muito nos últimos anos, além de proporcionar não apenas um retorno comprovado dos investimentos, mas também representar oportunidades para benefícios sociais, econômicos e ambientais significativos (GRHC, 2018).

À luz desse panorama, aplicando os conhecimentos do Ciclo da Defesa Civil, particularmente quanto à mitigação e reconstrução, busca-se neste documento estudar o uso de telhados verdes para edificações sujeitas a granizo no Estado de Santa Catarina. Tal tecnologia tem potencial para não só proporcionar maior segurança aos eventos críticos de granizo, como também conforto térmico e acústico aos moradores, parâmetros exigidos pela Norma de Desempenho das Edificações – ABNT NBR 15.575/2013. Ademais, é por meio de estudos como este que se busca valorizar o apelo sustentável desta tecnologia construtiva, que já é consideravelmente difundida pelo mundo e com estabelecido *know-how* entre os profissionais da cadeia produtiva envolvida. Uma opção pelos telhados verdes por parte dos proprietários de unidades habitacionais tende a ser mais facilitada quando os *stakeholders* (fornecedores, construtores e seguradoras) envolvidos também investirem efetivamente e se conscientizarem da devida importância do assunto. Além disso, vale lembrar que a formação acadêmica do autor deste documento na área de Engenharia Civil auxiliou a compreensão de

aspectos da instalação e uso das técnicas construtivas propostas, bem como a explicação de termos técnicos.

É, com base nessas ideias, que o presente estudo buscou examinar como o sistema dos telhados verdes funciona e sua aplicação para as cidades afetadas por granizo em Santa Catarina. Sendo assim, o problema de pesquisa reside no seguinte questionamento: “O uso de telhados verdes pode auxiliar na mitigação dos danos causados pelas chuvas de granizo nas cidades mais afetadas do Estado de Santa Catarina?” Para tal análise, o método será o da pesquisa documental e bibliográfica junto aos órgãos técnicos e oficiais nacionais e de outros países, filtrando o que seria possível propor para a realidade local. Tal metodologia foi selecionada em virtude da facilidade proporcionada pela quantidade relevante de material disponível para consulta na internet, para acesso sem custos adicionais.

2 CONCEITOS E CONTEXTO MUNDIAL

Antes de discutir acerca dos telhados verdes propriamente ditos e como eles podem auxiliar no preparo das edificações para os efeitos de uma eventual precipitação de granizo, cabe elencar alguns conceitos principais relacionados ao tema e situá-los no cenário recente da Defesa Civil.

2.1 Definições

Quanto ao risco de desastres, diversos são os conceitos abordados pelo documento publicado recentemente pelas Nações Unidas, conforme mostra a tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Conceitos relacionados a riscos de desastres.

TERMO	CONCEITOS
Risco de desastres	Perda potencial de vidas, lesões ou ativos destruídos / danificados que podem ocorrer em um sistema, sociedade ou comunidade em um período específico de tempo, determinado probabilisticamente como função de risco, exposição, vulnerabilidade e capacidade
Ameaça	Processo, fenômeno ou atividade humana que pode causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos na saúde, danos materiais, interrupção social e econômica ou degradação ambiental.
Vulnerabilidade	Condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a susceptibilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas para o impacto de perigos.

TERMO	CONCEITOS
Capacidade de resposta	Capacidade de pessoas, organizações e sistemas, usando habilidades e recursos disponíveis, para gerenciar condições adversas, riscos ou desastres. Exige conscientização contínua, recursos e boa gestão, tanto em tempos normais quanto em desastres ou condições adversas.
Mitigação	Diminuição ou minimização dos impactos adversos de um evento perigoso.

Fonte: dados secundários – UN-ISDR, 2016, p. 11 – 24

Levando em conta tais conceitos, a literatura sugere uma equação que busca sistematizar o cálculo do risco de desastres a que uma comunidade está submetida:

$$R = \left[Ax \frac{V}{C} - M \right]$$

R = Risco de Desastres C = Capacidade de resposta
 A = Ameaça M = Mitigação
 V = Vulnerabilidade

Fonte: dados secundários – WISNER, 2018

Frente aos desastres, o órgão que corresponde a atender a população figura como sendo a Defesa Civil, definida como a instituição responsável pelo “conjunto de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, destinadas à redução dos riscos de desastres com vistas à preservação do moral da população, o restabelecimento da normalidade social e a proteção civil” (CEPED-UFSC, 2012, p. 42). Percebe-se, dessa forma, a existência de um chamado Ciclo de Proteção e Defesa Civil, com etapas subsequentes que se comunicam (muitas vezes até se sobrepõem) e compõem a função precípua do órgão.

Dentre as fases, as de maior relevância para o uso de telhados verdes aplicados à mitigação dos efeitos de chuvas de granizo são as seguintes:

- **Prevenção:** atividades e medidas tomadas para evitar riscos de desastres existentes e novos (UN-ISDR, 2016, p. 21). Tratam-se de medidas que podem ser estruturais ou não, sendo as primeiras dedicadas a obras e intervenções de engenharia nas comunidades (principalmente as de maior porte) e, a segunda, a propostas que não modificam a interface do ambiente, mas sim a postura da comunidade. Ambas visam a convivência harmônica das pessoas com o ambiente em que vivem – adaptação às mudanças climáticas, incluindo as situações de desastres. Exemplo claro são os sistemas antigranizo, encontrados em Fraiburgo e São Joaquim;
- **Mitigação:** diminuição ou minimização dos impactos adversos de um evento perigoso (UN-ISDR, 2016, p. 20). São iniciativas com potencial para tornar a sociedade menos vulnerável ao evento crítico em questão, tornando-a, em linhas gerais, mais resiliente.

Etapa que, por mais que não seja possível prevenir todos os impactos, permite diminuir consideravelmente a severidade e os resultados danosos dos desastres. Suas ações são estratégicas e muitas vezes complementares às estruturas idealizadas para prevenção. Como exemplo de medidas mitigatórias tem-se a ideia central deste artigo, a execução de telhados verdes nas edificações em detrimento aos métodos tradicionais, procurando diminuir vulnerabilidades;

- Recuperação: restauração sustentável de infraestruturas, serviços, habitações, instalações e meios de subsistência resilientes necessários para o pleno funcionamento de uma comunidade ou sociedade afetada por um desastre, alinhando-se com os princípios do desenvolvimento sustentável e “reconstrução melhor” (*build back better*), para evitar ou reduzir o futuro risco de desastres (UN-ISDR, 2016, p. 21). Com o objetivo de recuperar a finalidade do que foi danificado, trata-se de uma etapa com relação direta à ideia de reformular o funcionamento da edificação, tornando-a capaz de ser melhor protegida e dando suporte ao reinício da fase de prevenção.

Quanto às chuvas de granizo, o Atlas Internacional de Nuvens define-as, basicamente, como sendo precipitações de partículas de gelo (granizo). Podendo ser transparentes ou translúcidos, geralmente elas possuem formato esférico ou irregular, com diâmetros que variam de 5 a 50 mm. As partículas podem cair de uma nuvem separadamente ou aglomeradas em grumos irregulares (WMO, 2018). O excerto a seguir bem descreve como ocorre a formação, a evolução dentro das nuvens e a precipitação do granizo.

As condições que propiciam formação de granizo acontecem na parte superior de nuvens convectivas do tipo cúmulos-nimbus. Estas apresentam temperaturas extremamente baixas no seu topo e elevado desenvolvimento vertical, podendo alcançar alturas de até 1.600 m, condições propícias para a transformação das gotículas de água em gelo. A precipitação de granizos ocorre, em geral, durante os temporais. Uma grande gota de chuva na parte inferior da nuvem, numa forte corrente de ascensão, é levada para cima e, ao alcançar temperaturas menores na linha isotérmica de 0°C, transforma-se em gelo. As gotas congeladas, ao crescerem pelo processo de coalescência (agrupamento com outras gotas menores), movimentam-se com as correntes subsidentes. Nessa movimentação, ao se chocarem com gotas mais frias, crescem rapidamente até alcançarem um peso máximo, a ponto de não serem mais suportadas pelas correntes ascendentes e quando, finalmente, ocorre a precipitação (CEPED, 2013, p. 101).

3 METODOLOGIA

Trata-se da aplicação de um método de abordagem com base em tecnologias já difundidas no Brasil e em outros países, a fim de analisar o tema e tirar conclusões sobre da

adaptação das ideias apresentadas para o Estado de Santa Catarina, a partir dos resultados da pesquisa.

O enquadramento do método indutivo, no qual se conduz a conclusões mais amplas que as premissas nas quais se basearam (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 86). O documento objetiva a busca de informações sobre telhados verdes na literatura técnica, aplicações no mundo e no Estado de Santa Catarina, voltadas à mitigação (ou reconstrução melhor) do efeito do granizo no Estado. Além disso, esta pesquisa pode ser considerada como aplicada, pois, demonstra interesse na aplicação, uso e consequências práticas dos conhecimentos em estudo, para solução de problemas da realidade (GIL, 2002).

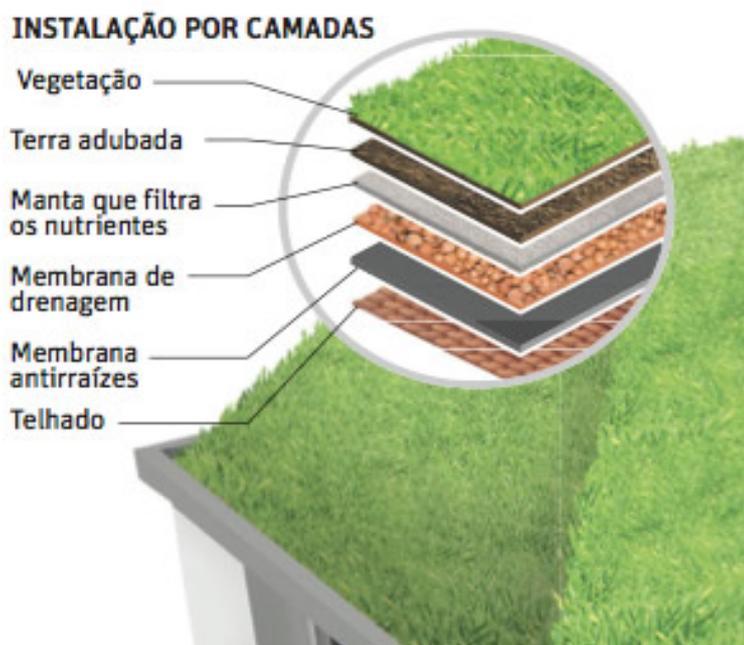
Quanto aos objetivos, a pesquisa é entendida como exploratória por proporcionar maior familiaridade com o problema para torná-lo mais explícito ou construir hipóteses (GIL, 2002, p. 41). Sua abordagem é quantitativa descritiva, no sentido das dúvidas e questionamentos basearem-se em teorias que se pretende testar. E, por fim, as técnicas a serem usadas são as de pesquisa bibliográfica e documental.

4 TELHADOS VERDES

Os chamados telhados verdes podem ser entendidos, basicamente, como sistemas construtivos dotados de vegetação, executados na cobertura das edificações e que consistem na sobreposição de camadas em cima de uma superfície estrutural. São elas: membrana impermeabilizante, dispositivo de drenagem, base ou substrato e a vegetação propriamente dita. Variações nessa estratificação podem ocorrer pelo construtor a fim de proporcionar algum benefício adicional na instalação do sistema (ver exemplo na figura 1). São comercializados em placas pré-fabricadas ou podem ser construídos no local (PERUSSI, 2016, p. 19).

Com registros que remontam à Babilônia Antiga (séc. VII a. C.), nos seus Jardins Suspensos – uma das sete maravilhas do mundo moderno –, é válido ressaltar que a ideia de aplicar uma camada de vegetação sobre as coberturas das edificações não é nova. Muitos países adotaram este método construtivo por centenas e até milhares de anos pelas excelentes qualidades isolantes das camadas de solo e vegetação (grama). Dos tempos antigos até hoje, é claro, muita tecnologia se incorporou ao processo, tornando-se bastante difundido na Europa (principalmente na Alemanha, Inglaterra, França e Suíça) e com mercado em notável expansão nos Estados Unidos e Canadá (PECK; KUHN, 2001, p. 2).

Figura 1: Composição de camadas de um telhado verde extensivo



Fonte: dados secundários – Adaptado de BORGES (2011)

No Brasil, os telhados verdes tiveram como marco inicial os jardins do Edifício do Ministério da Educação e Saúde Pública (atual Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro) – resultado de uma consultoria do precursor francês Le Corbusier ao paisagista Burle Marx, na década de 40, na obra da renomada parceria entre Lúcio Costa e Oscar Niemeyer (VASCONCELLOS, 2005, p. 7). Após um período sem grandes projetos nessa área, da década de 90 até hoje estes sistemas construtivos podem ser encontrados em diversas edificações pelo país, sendo os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul os mais notórios no seu uso. Tanto é que suas capitais possuem leis específicas de incentivo à construção de coberturas vegetadas (FREITAS, 2012, p. 11). Tal ideia já se expandiu também para outras cidades do território catarinense, como é o caso de Blumenau. Em fevereiro de 2018, foi sancionada a lei (Lei Complementar nº 1.174/2018) que aumenta em 10% a área do terreno disponível para construção se a edificação possuir o telhado verde (FEIJÓ, 2018).

Os telhados verdes podem ser classificados em dois principais tipos: intensivo e extensivo. O primeiro refere-se às edificações que contam com coberturas verdes mais robustas, com grandes camadas de substrato, propiciando a cultura de plantas baixas, flores, arbustos e, em alguns casos, árvores. Já o segundo, trata dos telhados verdes extensivos, compostos por camadas pequenas de substrato e vegetação, sendo mais tolerantes a exigências

climáticas extremas. Aplicáveis em superfícies inclinadas, são compostos por espécies como ervas, gramíneas, muscos e suculentas tolerantes à seca (ex.: *Sedum*). Em suma, possuem uma manutenção simples e, em muitos os casos, não necessitam nem mesmo de irrigação (GETTER; ROWE, 2006, p. 2). Principalmente em virtude da velocidade e praticidade da execução, alinhada à ideia das medidas estruturais facilitadas para mitigar efeitos de chuvas de granizo, este artigo trará uma abordagem voltada ao uso dos telhados verdes extensivos.

Estes tipos de sistema podem ser executados de 3 formas básicas definidas pelas literatura e pelo mercado: o sistema modular, o alveolar e o laminar. O primeiro deles é composto basicamente por módulos pré-vegetados, instalados sobre a seguinte estrutura: uma membrana anti-raízes (polietileno de alta densidade); uma membrana que retém nutrientes (não-tecido reciclado); módulos de substrato rígido (EVA e cimento CP-IV), responsáveis pela drenagem e oxigenação das raízes; e módulos de substrato nutritivo, eficientes retentores de água e nutrientes. Já o sistema alveolar assemelha-se ao modular, porém conta com uma membrana alveolar de PETG (Spéctar Copoliéster Reciclado), que é flexível, possui reservatórios em formato hexagonal, tem função de camada drenante e, ao mesmo tempo, é capaz de reservar água para as raízes da vegetação – tal estrutura é posicionada entre as membranas anti-raízes e a retentora de nutrientes. Por fim, o sistema dito laminar refere-se a uma tecnologia aplicável apenas em telhados planos, e que se notabiliza por conter uma lâmina de água, sob um piso elevado feito de módulos de sustentação de material poroso (SADDI; MOURA, 2010, p. 32).

Atualmente, com a necessidade de proteção do meio ambiente e da recuperação dos impactos negativos da infraestrutura construídas pelo homem, têm-se enaltecido muito as formas de construção sustentáveis e adaptáveis às mudanças climáticas. A utilização das coberturas verdes, como forma de construção sustentável, tem ganhado espaço, devido aos benefícios que apresenta em detrimento do uso de coberturas tradicionais (SANTOS, 2012, p. 29). Quanto a estes ganhos oriundos do uso dos telhados verdes, alguns são de difícil mensuração, mas de vital importância para um desenvolvimento sustentável, na preservação da natureza e melhoria na qualidade de vida dos habitantes da metrópole (GAUDERETO; MATAR, 2014). A tabela 2 esquematiza a seguir.

Tabela 2: Benefícios do uso de telhados verdes.

BENEFÍCIOS	EXPLICAÇÃO
Retenção Hídrica	Potencial para reduzir a taxa de escoamento (<i>runoff</i>) em 65% e reter a água que seguiria para o sistema de coleta pluvial tradicional, ampliando esse tempo em até 3 horas. O substrato tem parte considerável nesse papel de retenção da água.
Combate à poluição da água	A água captada e que permanece nos telhados verdes retorna para a atmosfera, em sua maior parte, pela evapotranspiração. O sistema funciona como uma espécie de filtro, retendo poluentes que precipitam em seu substrato e não retornam para a atmosfera, completando o Ciclo da Água.
Combate à poluição do ar	As partículas transportadas pelo ar (incluindo metais pesados) tendem a ficar presas na superfície da vegetação e a chuva é responsável pelo seu transporte até o substrato. Fotossíntese das plantas (capturando o dióxido de carbono e liberando o oxigênio).
Aumento da biodiversidade	Potencial para contribuir para a fixação de algumas espécies, fornecendo condições para a formação de habitats de insetos, invertebrados e plantas e constituindo locais de nidificação de pássaros.
Mitigação das ilhas de calor	Aumento do albedo das áreas urbanas. Numa escala de 0 a 1, estudos apontam que o albedo de telhados verdes varia de 0,7 a 0,85, valor muito mais alto do que o de coberturas convencionais (0,1 ~ 0,2).
Eficiência Energética	A estruturação do telhado verde proporciona um “atraso térmico”, proporcionando a amenização das sensações de desconforto, tanto nos picos de alta como nos de baixa temperatura durante o dia. Economia no uso de equipamentos de condicionamento de ar.
Conforto térmico	A melhoria basicamente deve-se ao incremento do sombreamento, melhor isolamento e maior massa térmica no conjunto do sistema de telhado. As cargas térmicas devido à radiação solar e a temperatura do ar são limitadas devido à presença de camada de vegetação. Não bastasse, o substrato proporciona um isolamento adicional ao telhado e o água acumulada em seus poros aumenta a inércia térmica da estrutura.
Conforto acústico	Potencial de isolamento, minimizando o efeito de sons como o de máquinas instaladas na cobertura, do fluxo de veículos ou do tráfego aéreo na localidade da edificação. Capacidade varia de acordo com a espessura, composição e peso do sistema instalado.
Durabilidade da cobertura	As camadas superiores (vegetação e substrato) protegem a laje / telhado que dá suporte ao telhado verde dos danos da radiação UV e variações nos extremos da temperatura ambiente – o que previne variações de volume (expansões e contrações) prejudiciais à integridade da estrutura. Além de proteger contra outros efeitos, como: incidência de vento, chuva, danos mecânicos
Estética	Potencial de melhorias na qualidade de vida da comunidade, incrementando a produtividade e diminuindo o absentismo.

Fonte: dados secundários – adaptado de GSA (2011); Klein (2017); Santos (2012); Peck & Kuhn (2001), Neoturf (2018); Vijayaraghavan (2016).

Especificamente quanto ao conforto térmico e acústico, nos últimos anos, a legislação passou a normatizar níveis de desempenho destes parâmetros considerados adequados para o usuário. A NBR 15575/2013, a conhecida Norma de Desempenho de Edificações, mobilizou toda a cadeia da construção para que os produtos executados estivessem dentro dos patamares aceitáveis. A transmitância térmica e os níveis de ruído são os respectivos indicadores usados para tal avaliação, sendo exigindo mais isolamento conforme com a categoria da edificação. Tais

requisitos, portanto, podem ser cobrados pelos usuários, a fim de que as edificações atendam aos níveis de conforto que se comprometem (CBIC, 2013, p. 144).

5 TELHADO VERDE COMO MEDIDA MITIGATÓRIA PARA O GRANIZO

As precipitações de granizo ocasionam prejuízos relevantes para a economia de Santa Catarina. O método tradicional adotado para a cobertura das edificações, composto por telhas de fibrocimento, mostra-se bastante suscetível a perfurações e danos em decorrência desses eventos, exigindo reparos por repetidas vezes após a ocorrência de tal tipo de desastre. O item 7.5 (e o anexo C) da NBR 15.575-5/2013, prescreve níveis de desempenho das coberturas quanto ao que denomina “impacto de corpo duro”, que simulariam a ação do granizo colidindo com a superfície da estrutura. “Sob a ação de impactos de corpo duro, o telhado não deve sofrer ruptura ou traspassamento em face da aplicação de impacto com energia igual a 1,0 J” (ABNT, 2013, p. 15). No mercado da construção, o tipo de telha de fibrocimento mais usada (espessura = 4 mm) dificilmente atinge o requisito normativo mínimo de resistência ao impacto. Para isso, de imediato ela precisaria ser mais espessa (6 ou 8 mm), o que acaba por torná-la uma opção, muitas vezes, antieconômica, dependendo do tamanho da área de cobertura da edificação. Por sua vez, a estruturação dos telhados verdes, com a inércia formada pelo conjunto da sua composição de camadas, é capaz de suportar os requisitos de norma, minimizando o problema do impacto inicial.

Dados da *International Green Roof Association* (IGRA) apontam que os telhados verdes extensivos, mais leves do que outros tipos, com espessuras que variam de 5 a 15 cm, promovem uma sobrecarga da ordem de 60 a 150 kgf/m² (quando saturados), permanente, e que, na maioria das vezes, não exigem maiores reforços na estrutura existente (IGRA, 2018). Ocorre que a NBR 6120 (Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações) não inclui especificamente considerações acerca de sobrecargas de telhados verdes. Logo, o recomendável é que o projetista da edificação ou o engenheiro responsável trate-os como uma sobrecarga especial na edificação, que deve ser avaliada caso a caso – considerando fatores de variabilidade no tempo e suas posições mais desfavoráveis² (GAUDERETO; MATAR, 2014).

Porém, deve-se atentar para que a configuração da cobertura com o telhado verde evite o acúmulo do granizo precipitado, sobrecarregando a estrutura. Dependendo do tipo de

²Vale ressaltar que tal carregamento deve ser incluído no cálculo de toda a envoltória de esforços necessária ao projeto da edificação, conforme as normas atinentes.

construção, do clima e do sistema proposto, os profissionais devem avaliar a probabilidade de que a introdução de um telhado verde tenha um impacto material em outros carregamentos (GSA, 2011, p. 78).

Os dispositivos de drenagem da cobertura devem ser reabilitados assim que possível, principalmente em telhados planos ou com baixas inclinações (caimentos), para evitar obstruções pelo granizo. Dada à intensidade do impacto, alguma parte da vegetação pode vir a ser danificada, fato que motiva o monitoramento das condições do telhado verde periodicamente (semestralmente) por parte do usuário, além, é claro, de vistorias após a ocorrência de cada evento crítico. Um cliente deve ser adequadamente instruído sobre o tipo de sistema de telhado verde e sua finalidade, bem como sobre os tipos de plantas que são usadas no telhado verde. Isso também pode ajudá-lo a compreender os requisitos e a importância da manutenção desse sistema de cobertura das edificações (GSA, 2011, p. 83).

Relevante salientar que prescrições quanto ao acúmulo de gelo (neve) na superfície de lajes em projetos de estruturas de edificações no Brasil ainda não são foco de estudos, em razão de sua baixa incidência (apenas em algumas cidades) desse tipo de fenômeno. O acúmulo de granizo sobre a camada de vegetação pode vir a ter comportamento análogo, a título de prevenção o engenheiro responsável pode até supor uma carga adicional, mas as normas ainda não contemplam quaisquer parâmetros definidos de carga de projeto – conduta muito diferente de outros países como os Estados Unidos e na Europa, locais suscetíveis e onde as pesquisas são desenvolvidas.

5 CONCLUSÃO

À luz do que foi abordado, percebe-se que o uso de telhados verdes é uma opção interessante para a comunidade lidar com o risco de desastres provocados pelas chuvas de granizo, no Estado de Santa Catarina. Em razão de parte considerável da economia das cidades mais suscetíveis ser de base agrícola, a tecnologia para mitigar estes danos no campo já é mais difundida, mas as cidades ainda sofrem com muitos prejuízos provocados por esse evento crítico. Iniciativas como as de Blumenau devem ser ampliadas e difundidas pelos órgãos legisladores em todo o território catarinense.

Sendo assim, pode-se concluir que o uso de telhados verdes, particularmente do tipo extensivos, nas edificações sujeitas a precipitações de granizo é plausível e efetivamente passível de ser aplicado na realidade local das cidades das regiões mais afetadas do Estado. As

considerações técnicas acerca da efetividade desta medida mitigatória mostram que ela tem potencial interessante para gerenciar os riscos deste tipo de desastre, diminuindo a vulnerabilidade e desenvolvendo a comunidade de modo sustentável, frente as mudanças climáticas observada nas últimas décadas. Os *stakeholders* envolvidos no processo de construção dos telhados verdes ainda precisam ser melhor esclarecidos e sensibilizados quanto à importância desta tecnologia. Porém, os benefícios apontados neste artigo indicam que o ganho da sociedade com o uso de telhados verdes é, sem dúvida, global.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15.575-5 – Edificações habitacionais – Desempenho**. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

BORGES, Bruna. **Telhados verdes trazem conforto acústico e térmico para a casa por R\$ 125 o m²**. Folha de São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://classificados.folha.uol.com.br/imoveis/934770-telhados-verdes-trazem-conforto-acustico-e-termico-para-a-casa-por-r-125-o-m.shtml>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **Desempenho de edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308p. Disponível em: <<https://cbic.org.br/publicacoes/>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

CEPED-UFSC. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais**. Volume Santa Catarina. UFSC, 2013. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-2012/>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

_____. **Capacitação básica em Defesa Civil** / Secretaria de Estado da Defesa Civil [Textos: Janaína Furtado; Marcos de Oliveira; Maria Cristina Dantas; Pedro Paulo Souza; Regina Panceri] - Florianópolis: CAD UFSC, 2012. 122 p.

_____. **Relatório de Danos – materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais em Santa Catarina – 1995 - 2014**. UFSC, 2016. Disponível em: <<http://www.ceped.ufsc.br/re-latorio-dos-danos-materiais-e-prejuizos-decorrentes-de-desastres-naturais-em-santa-catarina/>>. Acesso em: 06 abr. 2018.

FEIJÓ, Catarina Schmitz. **Construções com telhado verde terão mais área disponível para construção**. Ecotelhado, 2018. Disponível em: <<https://ecotelhado.com/construcoes-com-telhado-verde-terao-mais-area-disponivel-para-construcao/>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

FREITAS, Iara Lima. **O Desempenho Térmico de um Sistema de Cobertura Verde em Comparação ao Sistema Tradicional de Cobertura com Telha Cerâmica**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012. 133 f.

Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-07062013-144209/pt-br.php>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

GAUDERETO, G. L.; MATAR, M. R. **Aplicação da Tecnologia de Telhados Verdes como meio de preservação e restauração da Biodiversidade Paulistana**. 2014. Arquitetura, Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos finais 2012-1/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

General Services Administration (GSA). **The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings**. Estados Unidos, 2011. 152 f. Disponível em: <<https://www.gsa.gov/about-us/organization/office-of-governmentwide-policy/office-of-federal-high-performance-buildings/projects-and-research/green-roofs>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

GETTER, Kristin L.; ROWE, D. Bradley. **The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development**. HortScience, 2006. Disponível em: <<http://hortsci.ashspublications.org/content/41/5/1276.full.pdf+html>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed.: São Paulo, Atlas, 2002.

Green Roofs for Healthy Cities (GRHC). **About Green Roofs**. GRHC, Toronto. 2018. Disponível em: <<https://greenroofs.org/about-green-roofs/>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

International Green Roof Association (IGRA). **Construction Engineering**. IGRA, 2018. Disponível em: <http://www.igra-world.com/engineering/construction_engineering.php>. Acesso em: 15 abr. 2018.

International Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change 2014: Synthesis Report**. IPCC, Genebra, 2015. 151 f. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

KLEIN, Lais de Bortoli. **Controle Qualitativo e Quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de cobertura**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017. 181 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/178985>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

MAGNANO, Rachel Faverzani et al. **Incidência de Desastres Naturais em Santa Catarina de 2011 a 2013**. In: Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 156-175. 2015. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2281>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed.: São Paulo, Atlas 2003.

NEOTURF. **Coberturas Verdes**. Neoturf, 2018. Disponível em: <<http://www.neoturf.pt/pt/servico/coberturas-verdes>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

PAI, Carina Cargnelutti Dal. **Participação Popular na Prevenção e Enfrentamento de Desastres Ambientais: um estudo de caso em Araranguá/SC**. Dissertação de Mestrado – Universidade do Estado de Santa Catarina, 2014.

PECK, Steven; KUHN, Monica. **Lignes Directrices de Conception de Toits Verts**. Québec, 2001. Disponível em: <<http://www.cebq.org/documents/Lignesdirectricesdeconceptiondetoitsverts.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

PERUSSI, Rafael. **Comportamento Térmico de um sistema de Cobertura Verde: um experimento utilizando plataformas de teste**. Dissertação de Mestrado – Escola de engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2016. 88 f. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-27012017-153824/en.php>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

SADDI, Karielle Garrido; MOURA, Rúbia Oda. **Coberturas Verdes: análise do impacto de sua implantação sobre a redução do escoamento superficial**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2010. Disponível em: <<http://eec.ufg.br/p/16463-trabalho-de-conclusao-de-curso-engenharia-civil-2010>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SANTOS, Daniel José Pereira. **Desempenho térmico de uma cobertura verde num edifício solar passivo**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Aveiro, Portugal, 2012. 84 f. Disponível em: <<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/10218/1/Tese%20Daniel%20Santos.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

United Nations, International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR). **How to make cities more resilient: a Handbook for Local Government Leaders**. Genebra, 2017. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/we/inform/publications/26462>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

_____. **Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction**, 2016. Disponível em: <<https://www.unisdr.org/we/inform/publications/51748>>. Acesso em 12 mar. 2018. UN-ISDR, 2016.

VASCONCELLOS, Eduardo. **Le Corbusier e Lúcio Costa, “le Maître” e o mestre, um Intercâmbio de Saberes**. 2005. In 6º Seminário DOCOMOMO Brasil, Niterói, 14 f. Disponível em: <<http://docomomo.org.br/wp-content/uploads/2016/01/Eduardo-Vasconcellos.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

VIJAYARAGHAVAN, Kuppusamy. **Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends**. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews. India, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/289522343_Green_roofs_A_critical_review_on_the_role_of_components_benefits_limitations_and_trends>. Acesso em: 15 abr. 2018.

WISNER, Ben. Seminário Internacional de Proteção e Defesa Civil, 2., 2018, Florianópolis. **Land Use Policy and Regulation, their Enforcement and the Creation of New Risk**. Florianópolis: SDC-SC, 2018.

World Meteorological Organization (WMO). **International Cloud Atlas**. WMO, 2018. Disponível em: <<https://cloudatlas.wmo.int/hail.html>>. Acesso em: 09 abr. 2018.