ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

EDIFICAÇÕES A PROVA DE INUNDAÇÕES - PROPOSTA DE ATUAÇÃO NA BACIA DO RIO PIRAQUÊ-CABUÇU/RJ PARA REDUÇÃO DE RISCOS



PEREIRA, Jéssica N.
(jess.nasc.per@poli.ufrj.br)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

VERÓL, Aline P.
(alineverol@fau.ufrj.br)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

MIGUEZ, Marcelo G.
(marcelomiguez@poli.ufrj.br)
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Habitação social, risco de inundação, edificações a prova de inundações, resiliência, Rio Piraquê-Cabuçu.

RESUMO

As ações antrópicas no processo de urbanização modificam o ambiente natural e podem prejudicar o funcionamento da cidade como um todo. Uma das consequências mais frequentes se refere ao agravamento de inundações. Ações de reversão completa de inundações muitas vezes são difíceis, caras e de implantação no longo prazo. Nesse contexto, surge como possibilidade complementar (e mais imediata) a utilização de medidas de proteção local, com edificações a prova de inundações. A urbanização da cidade do Rio de Janeiro aconteceu de maneira desordenada. O Loteamento Jardim Maravilha, situado no bairro de Guaratiba, no Rio de Janeiro, sofre com os efeitos das ações humanas no meio ambiente, onde o Rio Piraquê-Cabuçu, poluído e assoreado, extravasa mesmo em ocasião de chuvas de intensidade mediana, deixando os moradores alagados por dias. Entretanto, mesmo nestas condições, e com áreas de baixada susceptíveis a inundações, há pressões de expansão urbana na bacia. Na margem esquerda do Rio Piraquê-Cabuçu, existe uma grande área não urbanizada, com potencial de fomento à produção habitacional. Porém, há também riscos associados a esta possível ocupação e, em uma região frágil, mesmo quando medidas de mitigação são adotadas na escala da bacia, existem riscos residuais, que se materializam em eventos que superam a proteção de projeto. Neste sentido, este trabalho propõe uma abordagem de proteção individual, onde opções de projeto e características construtivas permitam a defesa das edificações em relação às vazões oriundas do extravasamento do rio, para além da Faixa Marginal de Proteção – FMP, compatibilizando esta proposta com o projeto de um Parque Fluvial proposto para a margem direita. Nesse contexto, se propõe a construção de um índice para oferecer uma indicação do nível de proteção induzido pela adoção de alternativas de proteção individual.

1. INTRODUÇÃO

A vulnerabilidade socioambiental das grandes metrópoles do Brasil vem aumentando cada vez mais, devido ao crescimento desordenado das cidades e a falta de uma política pública eficiente. De acordo com o The Emergency Events Database (EM-DAT, 2021), o principal tipo de desastre que afeta o Brasil são as inundações, representando 71% da totalidade de desastres no país, além de ser também o mais letal. No Brasil, mapeamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007) mostra mais de 8 milhões de pessoas vivem em áreas sujeitas a inundações e deslizamentos, sendo o maior número delas concentrado na região Sudeste. O Rio de Janeiro tem um histórico de ocupação desordenada do solo (LUCENA, 2015). As mudanças no uso do solo, provenientes da rápida urbanização, afeta negativamente os processos hidrológicos (BONNEAU *et al.*, 2018; BOOTH, HARTLEY e JACKSON, 2002; SURIYA e MUDGAL, 2012). Devido ao aumento da impermeabilização, o ambiente sofre um desequilíbrio no seu ciclo hidrológico natural (BURNS *et al.*, 2012; MATTEO, RANDHIR e BLONIARZ, 2006; SURIYA e MUDGAL, 2012), com restrição da alimentação do lençol freático (BONNEAU *et al.*, 2018), diminuição do tempo de concentração na bacia e mudança no caminho natural da água por conta da implantação de redes de drenagem (MATTEO, RANDHIR e BLONIARZ, 2006; RANDHIR, 2003) que cria uma situação de difícil reversão, tal a extensão e intensidade destas modificações. Além disso, quando estas modificações são rápidas, como é o caso da urbanização na maioria dos países em desenvolvimento, que tiveram um processo tardio e acelerado de industrialização, a capacidade de investimento do estado em soluções sistêmicas, na escala da bacia, acaba limitada e levando a uma cobertura insuficiente das redes de infraestrutura, resultando em proteção parcial (BOOTH, HARTLEY e JACKSON, 2002) e atrasos na implantação de medidas de mitigação. Cidades com essas características estão mais expostas ao risco de desastres (VEYRET, 2007). De acordo com o glossário da Defesa Civil (2007), risco de desastres é a relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente se concretize em um sistema sócio econômico exposto e com dado grau de vulnerabilidade (DAVIS *et al.*, 2014).

Este artigo tem por objetivo analisar a resiliência de edificações à inundação, com aplicação ao território da Bacia do Piraquê-Cabuçu, especificamente na parte da bacia onde está localizado o loteamento Jardim Maravilha, no bairro de Guaratiba, Rio de Janeiro. Nesse sentido, a primeira etapa deste trabalho, relatada aqui neste artigo, se refere à definição de um índice de resiliência da edificação, associando o conceito de resiliência à capacidade de adaptação da edificação em resistir e restabelecer o equilíbrio após sofrer com um evento adverso (ALDUNCE *et al.*, 2014; NORRIS *et al.*, 2008; PFEFFERBAUM *et al.*, 2007), a partir da consideração de soluções de projeto e métodos construtivos alternativos e individuais, que podem ser adotados para a transformação de um imóvel em uma construção a prova de inundações. Essa consideração reduz a dependência de ações públicas na escala da bacia urbana, podendo ainda complementar estas ações. A busca por resiliência e redução de risco a que está submetida a edificação passa a ser uma consequência das ações propostas na escala do lote, como defesa individual, permitindo uma relação menos danosa com a água no ambiente urbano.

1.1 CONSTRUÇÕES A PROVA DE INUNDAÇÕES

O gerenciamento de risco aplicado aos desastres naturais assume que os desastres não podem ser evitados, mas reduzidos (REZENDE, 2018). Ou seja, é um processo de adaptação dinâmica, no qual se assume também o risco residual, que transcende a chuva de projeto determinada como referência. Sendo assim, é necessária a previsão de medidas de prevenção e redução de danos potenciais, através da redução da vulnerabilidade e de limitação da extensão dos prejuízos (REZENDE, 2018). Isso pode ser conseguido com ações no sistema urbano, procurando reduzir as inundações, ou nos elementos expostos, procurando reduzir a vulnerabilidade.

Neste contexto, adotar estratégias de gestão adaptativa na gestão de inundações pode oferecer vantagens no que diz respeito à tomada de decisão diante de incertezas. De acordo com Emami (2020), as estratégias de gestão de inundações adaptativas são:

- Adaptabilidade (alteração de ameaça à oportunidade);
- Tomada de decisão flexível (para lidar com incertezas);
- Monitoramento e vigilância;
- Aprender ao fazer;
- Aplicação de novos conhecimentos e tecnologias;
- Evitar erros irreversíveis onerosos;
- Atualizar os objetivos;
- Conhecimento vasto sobre risco;
- Optar pela gestão de longo prazo à construção;
- Resiliência;
- Harmonizar com o meio ambiente;
- Gestão adaptativa passiva e ativa;
- Participação das partes interessadas;
- Reações em tempo real aprimoradas.

Uma gestão adaptativa, adotada como abordagem para o desenvolvimento da comunidade, permite aumentar a capacidade de adaptação, sem descartar soluções mais abrangentes futuramente (EMAMI, 2020).

Com a preocupação do mundo em como conviver com o aumento do nível do mar, consequência das mudanças climáticas, diversos países estão desenvolvendo estratégias de soluções adaptativas para a inundação. Segundo essas estratégias, dentre as diversas possibilidades de ações possíveis para a melhor convivência com as inundações, estão o zoneamento de inundações, o planejamento urbano sensível à água e até técnicas construtivas para uma edificação à prova de inundação (MIGUEZ, VERÓL e REZENDE, 2016). Entre os métodos mais recomendados para reduzir as perdas geradas pela inundação, em nível local, está a elevação do

edifício ou a construção de componentes para reduzir a probabilidade de contato com águas de inundação (BIN, KRUSE e LANDRY, 2008; KREIBICH *et al.*, 2005; TAGGART e VAN DE LINDT, 2009). As técnicas construtivas para mitigação dos impactos causados pela inundação e transformação da edificação para torna-la mais resiliente a esse evento apresentam um leque de opções, cuja abrangência (não de forma exaustiva) é apresentada na Tabela 1.

Medidas	Técnicas	Descrição
Estruturais	Pilotis	Construção da edificação elevada sob pilotis acima do nível da inundação.
	Válvula anti-retorno	As válvulas anti-retorno são instaladas no sistema de esgoto com o objetivo de impedir que os esgotos inundados retornem para as casas, minimizando a veiculação de doenças.
	Barreiras/ Paredes desmontáveis	Comportas móveis de materiais diversos com objetivo de proteger a entrada de água nos lotes e edificações.
	Cota de implantação da edificação	Definir uma cota de terreno para construção da edificação que dificulte a entrada da água dos logradouros públicos além de facilitar o escoamento da água interna dos lotes.
	Materiais resistentes a água	Para evitar esses danos, os materiais resistentes a inundações devem ser duráveis e resistentes à umidade excessiva.
	Edificação flutuante	Elevação de edificações em períodos de inundação e retorno ao nível do terreno após o escoamento da vazão.

Tabela 1. Tipos de técnicas construtivas para tornar uma edificação a prova de inundação.

1.2 INFRAESTRUTURA VERDE

As cidades estão implementando projetos de infraestrutura verde para fornecer serviços ecossistêmicos para mitigação das enchentes (FELSON, OLDFIELD, BRADFORD e 2013; HERZOG e ROSA, 2010; HOBBS *et al.*, 2006; LUNDHOLM e RICHARDSON, 2010).

A estratégia LID – *Low Impacts of Development* propõe medidas de controle do aumento dos impactos causados pela inundação, através de ações pontuais, no nível local (do lote) para aumentar os processos de infiltração, armazenamento e evapotranspiração (EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2012), usando soluções como áreas de infiltração, pavimentos permeáveis; jardins de chuva e bioretenção e telhados verdes instalados.

No caso de edificações a prova de inundações, pode ser muito importante combinar ações de retenção e infiltração da água que cai sobre o próprio lote, para que esta não gere problemas para a construção, enquanto as medidas de defesa local "isolam" o lote da inundação externa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia Piraquê-Cabuçu motivou este estudo e será utilizada como estudo de caso. O principal rio da bacia possui nascente no Parque Estadual da Pedra Branca e foz na Baía de Sepetiba, totalizando um comprimento de 23 km e uma área de drenagem de 108 km^2. Entre a sua foz e seu exutório, ele possui diversos nomes. Nasce na Serra do Lameirão, em uma área de proteção ambiental, onde recebe nome de Gatos e, ao atravessar o morro do Cabuçu, torna-se Rio Cabuçu. Seus afluentes são os Rios da Prata, Caboclos, Peri-Peri, dos Porcos, Consulado, Morto, Cachoeira, da Balata, do Lameirão, do Gato, Cabuçu Mirim, Valão das Cinzas, das Pedras e José Sena (SEMADS, 2001).

Durante o evento de chuvas dos dias 8 e 9 de abril de 2019, uma das regiões mais afetadas foi o loteamento residencial Jardim Maravilha, em Guaratiba, localizado dentro da bacia Piraquê-Cabuçu. As estações de monitoramento de Sepetiba, Santa Cruz, Campo Grande e Guaratiba registraram, respectivamente, picos de 172.8 mm, 186.2 mm, 171.4 mm e 110.8 mm para acumulados de chuvas em 24h (ALERTA RIO, 2019).

Em 2015, no Plano Municipal de Saneamento Básico, entre as medidas previstas pelo Conselho Municipal de Política Urbana da Cidade do Rio de Janeiro (COMPUR), estava a desapropriação das áreas invadidas nas faixas de proteção do rio e remoção de construções cuja área de localização fosse abaixo da cota de 2m. Além dessas medidas, havia também a proposta de criação de reservatórios de amortecimento e a preservação da calha a jusante, que, embora definida como meta, não apresentava detalhamento de como seria efetivada (COMPUR, 2015).

2.2 PROPOSTA METODOLÓGICA DE CARÁTER GERAL

Levando em consideração que as regiões ribeirinhas da cidade do Rio de Janeiro não são atrativas para o mercado imobiliário, devido a fragilidade ambiental que elas possuem, há a tendência de ocupação informal pela população mais carente, sem o devido provimento de infraestrutura e com consequente exposição a riscos, como é possível observar em Guaratiba. Nesse contexto, com objetivo de minimizar danos e permitir a permanência das habitações em áreas inundáveis, quando já instaladas, ou o aproveitamento de áreas de menor risco, mas que podem eventualmente alagar, pela própria fragilidade ambiental ou por insuficiência de infraestrutura, esse trabalho prevê o desenvolvimento de um índice para medir o alcance de diferentes soluções de projeto e métodos de construção para minimizar o impacto da inundação na edificação.

O projeto a prova de inundações, considerado para edificações, neste artigo, prevê soluções construtivas na rede hidrossanitária do imóvel, técnicas de infraestrutura verde para controle interno dos escoamentos e atuação na legislação edilícia, es-

tabelecendo cotas de segurança para o piso da edificação, taxa de aproveitamento máximo do terreno ou medidas protetivas locais, que isolam o lote.

Para mensurar o nível de resiliência da edificação, está sendo proposto um índice, que deverá ser aplicado a três cenários, para fins de teste e validação de seu uso e potencial, no suporte a gestão habitacional e redução do risco de inundações:

- O primeiro cenário não prevê nenhuma intervenção e considera o crescimento urbano da área, o que dá uma ideia do problema de inundação em um futuro tendencial, para o tempo de recorrência (TR) de 25 anos, tomado como referência, e considerando as dificuldades históricas de controle de ocupação do solo, o déficit habitacional e o padrão atual de desenvolvimento. Esse cenário serve de comparação com os demais.
- O segundo considera a adoção de soluções de projeto habitacional e métodos construtivos alternativos, para tornar a edificação a prova de inundações, também considerando o TR de 25 anos.
- O terceiro cenário considera o segundo cenário em combinação com ações públicas, na escala da bacia, utilizando a tecnologia de soluções de drenagem urbana para a bacia hidrográfica, para a mitigação das cheias para o TR de 25 anos, mas recebendo uma chuva de TR 50 anos, de modo que as medidas individuais serão agora testadas como proteção para o risco residual; portanto, ainda úteis, mesmo depois da ação pública, em algum momento na escala temporal, mas considerando que riscos de eventos mais intensos continuam existindo.

O programa de modelagem de cheias urbanas, ModCel (MIGUEZ *et al.*, 2017) utilizado é proposto para mapeamento de inundações na região de intervenção, juntamente com o uso de sistemas de georreferenciamento e CAD, que auxiliam na estratégia de cômputo do índice de resiliência da residência, nos três cenários definidos.

2.3 ELABORAÇÃO DE UM ÍNDICE DE RESILIÊNCIA ÀS INUNDAÇÕES

A resiliência pode ser entendida como a capacidade de um sistema continuar em funcionamento, quando exposto a um evento não esperado, ou a sua capacidade de recuperação, após a passagem desse evento perturbador (REZENDE, 2018).

O impacto à população define a dimensão do desastre natural. Os principais eixos afetados por essas catástrofes naturais são o econômico, o ambiental e o social (GAD-EL-HAK, 2008), conhecidos como o tripé da sustentabilidade. A urbanização a prova de inundação deve estar completamente alinhada com os aspectos tecnológicos de uma condição de vida segura durante situações de inundação, tanto como resposta única, na falta de intervenções mitigadoras sistêmicas, na escala da bacia, como no caso de proteção contra o risco residual, quando há medidas de mitigação, mas o horizonte de projeto pode ser superado.

Batica (2015) sugere uma abordagem através de indicadores para facilitar a visualização da vulnerabilidade e da resiliência. Na prática, indicadores podem ser usados também de forma integrada, configurando índices. Neste artigo, adotare-

mos a exposição da edificação, caso ela esteja sujeita a alguma lâmina d'água; a *susceptibilidade* em que a população e os objetos expostos são danificados estará relacionado diretamente com a profundidade da água e com o tempo de exposição a essa lâmina; e o *valor* estará relacionado com a quantificação da perda monetária da população afetada, consideração semelhante àquela feita por REZENDE (2018), em uma aplicação de um índice de resiliência na escala urbana.

A definição da modulação do espaço, a ser adotada no mapeamento para o índice proposto, teve como base o sistema de cartografia utilizado pelo município do Rio de Janeiro, disponível no site do Data.Rio (IPP - INSTITUTO PEREIRA PASSOS, 2021), gerenciado pelo Instituto Pereira Passos – IPP, onde foram levados em consideração os lotes e as edificações cadastradas.

Este artigo tem o objetivo de definir o Índice de Resiliência da Residência a Prova de Inundação - IRRI, utilizando indicadores que dependem de características de defesa individual da edificação, de valores de benfeitorias, do nível da lâmina de inundação e informações socioeconômicas, conforme formulação geral mostrada na equação (1). O IRRI é um índice quantitativo, multicritério e que varia de 0 a 1, sendo necessária a normalização e conversão dos seus indicadores em uma única escala.

$$IRRI = a\,.(1 - Si_R) + b.(1 - Si_D) \qquad (1)$$

Onde:

Si_R – Subíndice de risco à resistência, representando a resistência ao dano, conforme o grau de exposição da edificação existente no lote;

Si_D – Subíndice de risco associado à duração do evento, que representa a resistência do indivíduo em se manter isolado em sua edificação, sem necessitar de apoio externo; e *a* e *b* – São pesos dados para cada subíndice.

O Si_R está relacionado com a exposição, com o grau de dano associado a uma lâmina de inundação e com a capacidade de recuperação material do dano. Sua formulação será dada pela equação (2):

$$Si_R = {I_e}^{n1}.{I_H}^{n2}.{I_M}^{n3} \qquad (2)$$

Onde;

I_e - Indicador de exposição da edificação;

I_H- Indicador de criticidade da inundação;

I_M – Indicador de dificuldade de recuperação material;

*n*1, *n*2 e *n*3 - são pesos associados a cada parcela.

A taxa de ocupação do imóvel no terreno é usada como medida da exposição (maior ocupação do lote em planta implica em maior quantidade provável de elementos expostos – por exemplo: se duas casas têm a mesma área construída, mas uma é plana e a outra tem dois andares iguais, aquela completamente plana terá o

dobro de exposição). Assim, a parcela da edificação exposta I_e representa a ocupação da edificação no nível térreo e é calculada pela equação (3):

$$Ie = TO \qquad (3)$$

Onde:

TO – taxa de ocupação do lote;

O indicador de criticidade da inundação, I_H, refere-se ao potencial de dano causado pela inundação dentro da edificação e este valor pode ser afetado por medidas de proteção no nível do lote. Assim, o I_H será função da lâmina de alagamento *h* e do nível de proteção que estabelece um patamar de defesa *D*, que seria o limite de proteção do lote contra este alagamento. A lâmina de alagamento, *h*, é medida em relação à cota da rua, em frente ao lote. Já o valor de defesa individual do lote, *D*, se refere ao nível de proteção da edificação, podendo ser dado pela altura da sua soleira, ou de muros-dique e comportas em torno do lote (no lugar de muros tradicionais e portões), etc. O tipo de proteção estabelece o que ocorre após o limite de proteção ser atingido. Assim, se se estabelece uma cota de soleira mais alta (usando aterro, ou pilotis, sem ocupação do térreo), a falha leva a um incremento gradual do efeito do alagamento, na medida em que a cota do nível d'água vai se elevando. Se a proteção é um muro com comporta, quando este patamar é superado, perde-se a proteção interna da edificação, que será alagada como se não houvesse proteção, uma vez que o vertimento para dentro do lote vai nivelar seu alagamento com a cota externa.

A normalização para a parcela como função de é apresentada na Tabela 1, com o valor normalizado representando uma percentagem de dano ao conteúdo da edificação.

Altura de alagamento dentro da edificação – soleira alta *(h–D)*	**Altura de alagamento dentro da edificação – muro ou similar** *(h, se h > D*	**Valor de** I_H
≥1,00m	≥1,00m>	1,00
1,00> *(h–D)* ≥0,50	1,00> *(h)* ≥0,50	0,80
0,50> *(h–D)* ≥0,30	0,50> *(h)* ≥0,30	0.50
0,30> *(h–D)* ≥0,15	0,30> *(h)* ≥0,15	0.35
0,15> *(h–D)* ≥,05	0,15> *(h)* ≥0,05	0.20
0,05 > *(h–D)* ≥0,00	0,05 > *(h)* ≥0,00	0.10

Tabela 2. Normalização do indicador de criticidade da inundação.

O indicador de criticidade de inundação, I_H, considera o valor de 1,00m como dano potencial máximo, representativo de dano muito significativo para um bem móvel, levando em consideração os itens afetados com essa altura de lâmina d'água. Em seu extremo inferior, considera-se que alagamentos inferiores a 0,05m possuem potencial de dano mínimo (mas não zero).Os valores da Tabela 1 podem ser interpretados da seguinte forma: no patamar mais baixo, pisos podem ser afetados; chegando a 15 centímetros, já é possível afetar portas e a instalação elétrica; com 30 cm, boa parte dos móveis e eletrodomésticos são afetados; com 50cm, a situa-

ção de móveis eletrodomésticos, utensílios, roupas e outros pertences piora significativamente; chegando a 1m, a situação torna-se dramática e, com mais de 1m de alagamento, considera-se perda integral, chegando até esquadrias e aparelhos mais altos.

Por sua vez, o indicador relativo ao indicador de dificuldade de recuperação material, I_M, foi escolhido, por simplicidade, por associação com o Índice de Desenvolvimento Social - IDS, desenvolvido pelo Instituto Pereira Passos. No município do Rio de Janeiro o IDS varia entre 0,23 a 0,921058; entretanto, o valor máximo do índice na bacia Piraquê-Cabuçu é de 0,728669. Nesse caso, o equacionamento do *IM* segue a equação (4), implicando em que, quanto menor o IDS, mais difícil é a recuperação material das perdas sofridas:

$$I_M = 1 - IDS \qquad (4)$$

No subíndice Si_R, quando um dos indicadores for zero, o risco a resistência ao dano da edificação é zerado.

O subíndice de risco associado à duração do evento - Si_D, é definido pela equação (5). Nesse subíndice, foi levado em consideração o tempo de esvaziamento da cheia (I_{ec}), como fator básico, e a qualidade da vizinhança (I_{vz}), que indicará maior ou menor risco de locomoção nas áreas alagadas, dependendo das condições de saneamento (adequado ou não) e de pavimentação de vias (indicadores estes que podem ser obtidos no censo do IBGE). Nessa equação, adota-se um somatório ponderado (com pesos w1 e w2).

$$Si_D = (w1.I_{ec}) + (w2.I_{vz}) \qquad (5)$$

O índice de esvaziamento leva em consideração o tempo que a pessoa consegue permanecer isolada e seus valores, em princípio, foram definidos de acordo com o histórico de duração dos alagamentos no loteamento Jardim Maravilha conforme proposto pela Tabela 3, que define a normalização para esse indicador.

Tempo de duração (h)	I_{ec}
72,00	1,00
48,00	0,80
36,00	0,75
24,00	0,50
12,00	0,30
5,00	0,25
2,00	0,10

Tabela 3. Normalização do indicador de esvaziamento de cheias.

O indicador de qualidade da vizinhança contém duas parcelas em um somatório ponderada (com pesos m1 e m2) como pode ser visto na equação (6), que considera o percentual de não atendimento adequado do saneamento básico (1 - I_{Sa})

e o percentual de ruas não pavimentadas (1 - I_{pv}) do setor censitário em que se encontra a habitação.

$$I_{vz} = m1.(1 - I_{Sa}) + m2.(1 - I_{Pv}) \quad (6)$$

Onde;

I_{Sa} – Indicador de saneamento adequado (obtido por setor censitário, a partir de informações do IBGE), representando a presença de adequada coleta e disposição de esgotos e resíduos sólidos através do percentual de atendimento adequado dentro de cada setor.

I_{pv} – Indicador de ruas pavimentas (obtido por setor censitário, a partir de informações do IBGE), representando percentual de ruas pavimentadas dentro de cada setor.

Dessa forma os componentes do índice de resiliência da residência a inundação podem ser vistos na figura 5.

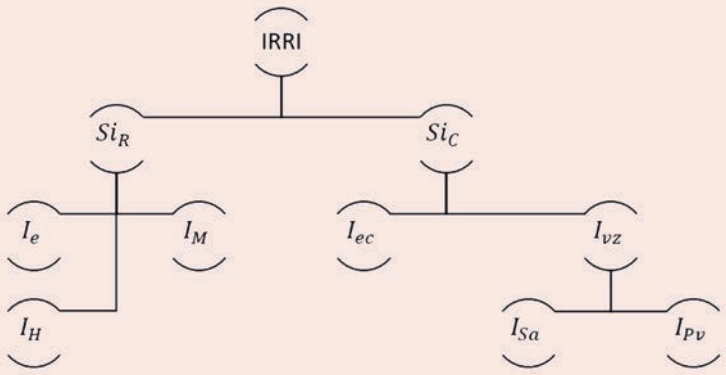

Figura 5: Composição Geral do IRRI.

3. CONCLUSÕES

Medidas de mitigação de inundação em uma bacia urbana ocupada de maneira desordenada demandam uma disponibilização de recursos do governo, além de planejamento e estratégia para tratar não só as questões de drenagem, como também as soluções para os moradores da área de intervenção, os quais possuem vínculo com a região e são usualmente resistentes a possíveis realocações. A partir da experiência de falta de recurso público para prover a melhor solução possível para o ambiente, a economia e a sociedade, foi proposto um índice multicritério, o Índice de Resiliência da Residência a Prova de Inundação – IRRI, para avaliar o efeito da adoção de medidas aplicadas na escala do lote, possibilitando a defesa individual de cada lote, quando obras de drenagem urbana na bacia não são disponibilizadas em curto prazo, permitindo reduzir danos para a população que vive na região. Entretanto, é válido lembrar que as medidas na escala da bacia não podem ser substituídas pela adoção das técnicas construtivas alternativas – estas são complementares e buscam uma resposta mais imediata, não evitando danos coletivos

em infraestrutura pública, de limitação da mobilidade, perdas econômicas por lucro cessante, etc. As intervenções de infraestrutura, entretanto, com a proteção individual implantada, poderão ser planejadas e executadas em um tempo maior, permitindo a implementação de soluções mais sustentáveis e inclusivas, com uma melhor distribuição de investimentos no tempo.

É importante salientar que as soluções adotadas para mitigação da inundação da residência não serão inutilizadas após a realização dessas obras estruturantes na bacia. Posteriormente, essas medidas serão utilizadas para mitigar riscos residuais, que configuram vazões que extrapolam o evento definido como chuva de projeto. O trabalho encontra-se em andamento e a fase de testes no Jardim Maravilha será utilizada para validação da proposta.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATICA, J. **Methodology for food resilience assessment in urban environments and mitigation strategy development**. Université Nice Sophia Antipolis, 2015.

BIN, O.; KRUSE, J. B.; LANDRY, C. E. Flood hazards, insurance rates, and amenities: Evidence from the coastal housing market. **Journal of Risk and Insurance**, v. 75, n. 1, p. 63–82, 2008.

ALDUNCE, P. et al. Framing disaster resilience: The implications of the diverse conceptualisations of "bouncing back". **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, v. 23, n. 3, p. 252–270, 2014.

BONNEAU, J. et al. The impact of urbanization on subsurface fl ow paths – A paired-catchment isotopic study. **Journal of Hydrology**, v. 561, n. April, p. 413–426, 2018.

BOOTH, D. B.; HARTLEY, D.; JACKSON, R. FOREST COVER, IMPERVIOUS--SURFACE AREA, AND THE MITIGATION OF STORMWATER IMPACTS. **JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION**, v. 38, n. 3, 2002.

DAVIS, I. et al. Clark University. v. 72, n. 4, p. 460–463, 2014.

DEFESA CIVIL. GLOSSÁRIO DE DEFESA CIVIL ESTUDOS DE RISCOS E MEDICINA DE DESASTRES. 2007.

EMAMI, K. Adaptive flood risk management. **Irrigation and drainage**, v. 242, n. January 2020, p. 230–242, 2020.

IBGE. **Tendências Demográficas: Uma análise da população com base nos resultados dos censos demográficos de 1940 e 2000.** [s.l: s.n.].

IPP - INSTITUTO PEREIRA PASSOS. **Data.Rio**. Disponível em: <https://www.data.rio/>.

KLIJN, F. et al. Adaptive flood risk management planning based on a comprehensive flood risk conceptualisation. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 20, n. 6, p. 845–864, 2015.

MATTEO, M.; RANDHIR, T.; BLONIARZ, D. Watershed-Scale Impacts of Forest Buffers on Water Quality and Runoff in Urbanizing Environment. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 132, n. 3, p. 144–152, 2006.

MIGUEZ, M. G. et al. Urban flood simulation using MODCEL-an alternative quasi--2D conceptual model. **Water (Switzerland)**, v. 9, n. 6, 2017.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

NORRIS, F. H. et al. Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. **American Journal of Community Psychology**, v. 41, n. 1–2, p. 127–150, 2008.

PFEFFERBAUM, B. J. et al. Building Resilience to Mass Trauma Events. **Handbook of Injury and Violence Prevention**, p. 347–358, 2007.

RANDHIR, T. Watershed-scale effects of urbanization on sediment export: Assessment and policy. **Water Resources Research**, v. 39, n. 6, p. 1–13, 2003.

SURIYA, S.; MUDGAL, B. V. Impact of urbanization on flooding : The Thirusoolam sub watershed – A case study. **Journal of Hydrology**, v. 412–413, p. 210–219, 2012.

VEYRET, I. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Contexto ed. São Paulo: 01/04/2007, 2007.

TAGGART, M.; VAN DE LINDT, J. W. Performance-Based Design of Residential Wood-Frame Buildings for Flood Based on Manageable Loss. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 23, n. 2, p. 56–64, 2009.