

## XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

### **AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE FRAGILIDADE DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DE UM BAIRRO EM OLINDA-PE**

*Marcos Antonio Barbosa da Silva Junior<sup>1</sup>; Camilla Pires dos Santos<sup>2</sup>; Gastão Cerquinha da Fonseca Neto<sup>3</sup>; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral<sup>4</sup>*

**RESUMO** – Recentemente, têm-se utilizado indicadores socioambientais e institucionais para avaliar o desempenho de sistemas de drenagem pluvial urbano. Tais indicadores podem auxiliar os órgãos públicos, tomadores de decisão, a estabelecer uma hierarquização dos principais problemas a serem atacados para conter os alagamentos urbanos. Dentro deste contexto, o presente trabalho avalia o sistema de drenagem pluvial urbano do bairro de Rio Doce, em Olinda-PE, a partir dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) de natureza ambiental, tecnológica e institucional. Para isto, identificou-se cinco pontos de alagamentos localizados nas principais vias do bairro, nos quais foram obtidos os índices de fragilidade e propostas de soluções gerais para a drenagem local. Os resultados indicaram que a ocorrência dos alagamentos está atribuída a ineficiência da rede de drenagem existente e a manutenção irregular desses sistemas.

**ABSTRACT** – Recently, socio-environmental and institutional indicators have been used to evaluate the performance of urban storm drainage systems. Such indicators can help public decision-makers establish a hierarchy of the main problems to be addressed to contain urban floods. In this context, the present work evaluates the urban rainwater drainage system of the Rio Doce neighborhood in Olinda-PE, based on the System Fragility Indicators (SFI) of an environmental, technological, and institutional nature. For this, four flood points located in the main roads of the neighborhood were identified, in which the fragility indices were obtained and solutions were proposed for local drainage. The results indicated that the occurrence of flooding is attributed to the inefficiency of the existing drainage network and the irregular maintenance of these systems.

**Palavras-Chave:** Alagamentos; Drenagem Urbana; Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS).

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE: Rua Acadêmico Hélio Ramos, S/N - Cidade Universitária, Recife/PE. Fone: (81) 2126-8977 / 2126-7923. E-mail: marcos15barbosa@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE: Rua Acadêmico Hélio Ramos, S/N - Cidade Universitária, Recife/PE. Fone: (81) 2126-8977 / 2126-7923. E-mail: camillapiress@outlook.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco - UFPE: Rua Acadêmico Hélio Ramos, S/N - Cidade Universitária, Recife/PE. Fone: (81) 2126-8977 / 2126-7923. E-mail: gastaocerquinha@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade de Pernambuco - UPE e Universidade Federal de Pernambuco - UFPE: Rua Acadêmico Hélio Ramos, S/N - Cidade Universitária, Recife/PE. Fone: (81) 2126-8977 / 2126-7923. E-mail: jcabral@ufpe.br

## 1. INTRODUÇÃO

Os indicadores correspondem a ferramentas compostas por uma ou mais variáveis, com o objetivo de agregar e quantificar dados, de maneira a deixar a sua relevância mais evidente. A fragilidade fundamenta-se em preceitos abrangentes que podem ser usados como diretrizes para as políticas públicas, objetivando o planejamento, a gestão e a tomada de decisões (RIPOL E SILVA; PINHEIRO; LOPES, 2013; SANTOS JÚNIOR, 2014).

Kemerich *et al.* (2013) ressalta que, para a gestão de bacias hidrográficas, é de fundamental importância o conhecimento dos indicadores de fragilidade ou ainda de sustentabilidade, visando à caracterização da dinâmica dos problemas ambientais existentes na zona de interesse.

Recentemente, têm-se utilizado indicadores socioambientais e institucionais para avaliar o desempenho de sistemas de drenagem pluvial urbano. Tais indicadores podem auxiliar os órgãos públicos, tomadores de decisão, a estabelecer uma hierarquização dos principais problemas a serem atacados a fim de conter os alagamentos urbanos.

Dentro deste contexto, o presente trabalho avalia o sistema de drenagem pluvial urbano de um bairro da cidade de Olinda-PE, fazendo uso dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) de natureza ambiental, tecnológica e institucional.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

Rio Doce é o bairro mais populoso do município de Olinda, em Pernambuco. Possui uma área de 3,09 km<sup>2</sup> e integra a 10<sup>a</sup> Região Político-Administrativa. É majoritariamente residencial e seu território está dividido em etapas, denominadas 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> etapa.

Durante o período chuvoso, o bairro apresenta diversos locais que frequentemente sofrem alagamentos, entre outros motivos, causados pela ineficiência da rede de drenagem existente e manutenção irregular desses sistemas. A maior parte desses alagamentos ocorrem nos eixos viários, prejudicando a mobilidade do bairro em dias de chuva. Neste sentido, foram tomados 05 (cinco) pontos críticos de alagamentos, denominados por “Área-Problema” (AP), nos quais se manifestam os indicadores de fragilidade avaliados neste estudo (Tabela 1). A Figura 1 apresenta a localização das AP's no bairro em estudo.

Tabela 1 - Áreas Problemas (AP's) selecionadas no bairro de Rio Doce, em Olinda.

AP	Latitude	Longitude	Localização	Exutório do sistema <sup>1</sup>
1	9118820,00	296468,00	Av. Nápoles.	Canal Av. Tiradentes
2	9119143,00	296832,00	Av. México.	Canal Av. Tiradentes
3	9119387,40	296956,76	Av. México.	Canal Av. Tiradentes
4	9119312,00	296979,97	Av. Brasil c/ a Av. Cel. Frederico Lundgren.	Canal Av. Tiradentes
5	9119215,79	297537,07	Rua Fenelon Átila Leite.	Canal Av. Tiradentes

Nota: <sup>1</sup>Corpo receptor da rede de microdrenagem de cada AP.



Figura 1 - Localização das AP's selecionadas.

Todos os pontos selecionados encontram-se na bacia de drenagem do canal Av. Tiradentes, com nascente no cruzamento da Rua 35 com a Av. Tiradentes e exutório no rio Paratibe. Este canal tem extensão aproximada de 2,3 km e margeia as avenidas Tiradentes, Nápoles e México. Não possui revestimento na sua seção hidráulica e apresenta algumas peculiaridades em seu curso, tais como: ocupação irregular de suas margens; lançamento de efluentes domésticos; disposição de resíduos sólidos urbanos e da construção; presença de vegetação e sedimentos no leito do canal; interferências no escoamento provocados por pontes e trechos envelopados.

## 2.2 Procedimentos adotados

Primeiramente, foram procedidas vistorias técnicas nas áreas selecionadas para ampliar a compreensão do processo evolutivo dos alagamentos, bem como identificar os pontos mais vulneráveis do sistema de microdrenagem e do seu corpo receptor. As visitas contemplaram os períodos seco e chuvoso, e permitiram a avaliar a manifestação dos Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS) de natureza ambiental, tecnológica e institucional.

O método empregado baseou-se em Silva *et al.* (2004) e já foi utilizado no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas-BA. Esse método também foi adotado por pesquisadores brasileiros que se propuseram a avaliar a fragilidade das estruturas de micro e macrodrenagem em bacias fortemente urbanizadas, apresentando resultados satisfatórios (STEINER, 2011; SANTOS JÚNIOR, 2013; 2014; SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2014; VARGAS; MIRANDA, 2016). Basicamente, a presente metodologia consiste em avaliar a manifestação dos IFS (Quadro 2) utilizando os valores (pesos) recomendados por Santos Júnior (2013), dispostos na Tabela 2. É válido ressaltar que, neste estudo em específico, os indicadores propostos por Silva *et al.* (2004) foram reformulados e outros acrescentados, tomando por base Ripol e Silva, Pinheiro e Lopes (2013).

Quadro 1 - Indicadores de fragilidade, fatores agravantes para o sistema de drenagem urbana e abordagens adotadas.

AMBIENTAL	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- <b>Ocorrência de alagamentos:</b> através deste indicador, busca-se identificar se há alagamentos e com que frequência os mesmos ocorrem.</li> <li>2- <b>Ausência de dispositivos de armazenamento e de áreas para a infiltração da água pluvial nos lotes:</b> com este indicador, verifica-se a falta de dispositivos de controle do escoamento (nos lotes) para amenizar os efeitos da impermeabilização excessiva, provocada pela urbanização.</li> <li>3- <b>Favorecimento da produção de sedimentos:</b> este indicador, verifica se a área-problema se encontra próxima de locais que favorecem a produção de sedimentos, ou seja, lugares onde o carreamento de solo é favorecido, como por exemplo: locais com solo exposto, sem proteção superficial, e vias de acesso não pavimentadas.</li> <li>4- <b>Possível erosão da pavimentação das vias de acesso ocasionada pelo escoamento superficial:</b> com este indicador, busca-se verificar se há erosão ou deterioração do pavimento das vias de acesso, possivelmente provocados pelos alagamentos e escoamento superficial.</li> <li>5- <b>Disposição de resíduos sólidos e deposição de sedimentos em vias públicas:</b> este indicador permitirá avaliar se a área em análise apresenta locais que possibilitam e/ou apresentam disposição clandestina de resíduos. Adicionalmente, busca-se também verificar se há deposição de sedimentos nas linhas d'águas dos eixos viários. Em caso afirmativo, é provável que os dispositivos de drenagem estejam sendo obstruídos e/ou assoreados gradativamente.</li> <li>6- <b>Interação inadequada com esgoto nos equipamentos de drenagem:</b> este indicador permite identificar se há presença de esgoto lançado indevidamente nos equipamentos de drenagem.</li> <li>7- <b>Interferência no trânsito de veículos na ocorrência de alagamentos:</b> este indicador permite constatar se o sistema de drenagem fornece um bom direcionamento ao escoamento pluvial, de maneira a não interferir no trânsito de veículos por ocasião de alagamentos. Em outras palavras, indica se há ou não conforto e segurança para o tráfego veicular durante eventos chuvosos.</li> <li>8- <b>Interferência no movimento de pedestres na ocorrência de alagamentos:</b> este indicador permite constatar se o sistema de drenagem existente promove conforto à locomoção de pedestres na ocorrência de precipitações pluviais intensas.</li> <li>9- <b>Ocupações ribeirinhas na calha do corpo receptor:</b> este indicador permite identificar se no corpo receptor (canal, riacho ou rio) possui ocupações irregulares de suas margens, reduzindo a seção hidráulica para o escoamento das águas pluviais.</li> <li>10- <b>Assoreamento, presença de vegetação, resíduos sólidos e esgotos no corpo receptor:</b> este indicador verifica se há presença de vegetação, resíduos sólidos urbanos, contaminação por efluente doméstico e assoreamento na calha do corpo receptor.</li> <li>11- <b>Canalização e revestimento da seção hidráulica do corpo receptor:</b> este indicador verifica se o corpo receptor é revestido, canalizado ou envelopado. As boas práticas de manejo das águas pluviais urbanas recomendam repensar o uso de revestimentos nos canais e priorizar técnicas que permitam a infiltração das águas, reduzindo a aceleração do escoamento e diminuindo as chances de erosão das suas margens.</li> <li>12- <b>Restrição à implantação de áreas de inundação:</b> este indicador avalia a existência de áreas disponíveis para a construção de bacias de retenção, caso haja a necessidade de uso das técnicas compensatórias de drenagem mais robustas.</li> </ol>
-----------	---

TECNOLÓGICA	13- <b>Deterioração física dos equipamentos de drenagem:</b> este indicador avalia as condições de conservação física dos equipamentos de drenagem. Neste momento, é verificado se os poços de inspeção (ou de visita) e as bocas de lobo estão em boas condições e se tais elementos dispõem de tampas, de modo à garantir a integridade no deslocamento de veículos e pedestres.	
	14- <b>Ineficiência do escoamento nos eixos viários:</b> este indicador verifica se o eixo viário possui declividade suficiente para drenar as águas pluviais, além de avaliar se há interferências no escoamento pelas sarjetas (como cimentar as sarjetas para a subida de veículos, por exemplo).	
	15- <b>Inexistência de diretrizes para a execução das estruturas de drenagem urbana:</b> este indicador avalia se os dispositivos de drenagem (bocas de lobo e sarjetas, por exemplo) são padronizados e encontram-se posicionados e presentes nos locais adequados.	
	16- <b>Ineficiência dos dispositivos de coleta:</b> este indicador visa identificar se a quantidade de bocas de lobo da área-problema é suficiente, além de avaliar suas condições de operação (se há interferência por fechamento ou gradeamento das bocas de lobo, reduzindo a capacidade de engolimento, por exemplo).	
	17- <b>Ineficiência da capacidade de transporte pelos condutos:</b> este indicador avalia se há indícios (de maneira especulativa) de interferências no escoamento pelas galerias, seja através da obstrução por sedimentos e/ou resíduos domiciliares e de pequenas reformas, ou através de seccionamentos provocados por cabeamento de telefonias, raízes de árvores, etc.	
	18- <b>Redução da vida útil das estruturas de drenagem:</b> este indicador permite avaliar se as condições locais da área-problema permitem a redução da vida útil dos equipamentos de drenagem, como por exemplo o lançamento de efluentes domésticos nas galerias de drenagem.	
	19- <b>Redução da vida útil dos pavimentos:</b> este indicador verifica se há depressões nas vias que provoquem o “empoçamento” das águas pluviais durante a ocorrência de chuvas intensas. Além disso, a ocorrência de alagamentos no eixo viário, provocado pela ineficiência da infraestrutura de drenagem, também compromete a integridade do pavimento, favorecendo na redução de sua vida útil.	
	20- <b>Incompatibilização das curvas verticais nos cruzamentos viários:</b> este indicador verifica se as curvas verticais nas vias em cruzamento foram adequadamente compatibilizadas. A declividade de uma via secundária não pode se sobrepor a de uma principal. Além disso, a compatibilização deve ser tal que o escoamento de uma rua não deságue sobre a outra e, desta forma, não interfira na segurança do tráfego de veículos.	
	21- <b>Passeios e/ou calçadas totalmente impermeabilizadas:</b> este indicador verifica se as calçadas dispõem de áreas permeáveis que permitam a infiltração e armazenamento temporário do escoamento superficial.	
	22- <b>Interferência no escoamento das águas pluviais no corpo receptor:</b> este indicador verifica se há pontos de bloqueio ou equipamentos que atrapalhe o fluxo d’água no corpo receptor (adutoras, passarelas, etc.).	
	INSTITUCIONAL	23- <b>Elevação dos gastos com manutenção e conservação:</b> este indicador verifica a necessidade de recursos financeiros para a manutenção e reparos das estruturas de drenagem existentes, com base no estado de conservação das mesmas.
		24- <b>Encarecimento das soluções técnicas:</b> este indicador avalia a necessidade de recursos financeiros para corrigir as falhas de obras já existentes ou para execução de novas obras de readequação da infraestrutura de drenagem da área-problema, podendo fazer uso de técnicas compensatórias.
25- <b>Perda de credibilidade da administração pública:</b> este indicador avalia o nível de satisfação e confiança da população com os órgãos públicos responsáveis pela manutenção e gestão das infraestruturas de drenagem (macro e microdrenagem).		
26- <b>Ausência de manutenção regular do sistema de drenagem urbana:</b> este indicador avalia a preocupação das entidades públicas em manter o sistema de drenagem urbana em boas condições de operação, promovendo manutenções regulares nos dispositivos de drenagem.		

Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2004); Ripol e Silva, Pinheiro e Lopes (2013).

Tabela 2 - Valores (pesos) em função da manifestação dos indicadores.

Valores (Pesos)	Manifestação dos Indicadores
0	Indicador inexistente na AP
1	Sem agravante (0%)*
2	Pouco agravante (25%)*
3	Medianamente agravante (50%)*
4	Moderadamente agravante (75%)*
5	Muito agravante (100%)*

Nota: \* Indicador existente na AP.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior (2013).

Após a avaliação dos indicadores de fragilidade mediante as naturezas ambiental, tecnológica e institucional, foram obtidos os Índices Gerais de Fragilidade – IGF’s para cada AP. Este índice é calculado pela soma dos pesos atribuídos em função da manifestação dos indicadores avaliados. Os valores dos IGF’s variam entre 0 a 130, conforme a Tabela 3, sendo divididos em graus de fragilidade e intervalos (SANTOS JÚNIOR, 2014). A classificação estabelece que quanto mais alto for o valor do IGF, mais sério será o problema da AP quanto à drenagem pluvial urbana.

Tabela 3 - Graus e intervalos dos Índices Gerais de Fragilidade (IGF’s).

Graus de Fragilidade	Intervalos
Muito Baixa	0 a 26
Baixa	26 a 52
Média	52 a 78
Forte	78 a 104
Muito Forte	104 a 130

Fonte: Santos Júnior (2014).

Por fim, com base na avaliação e manifestação dos indicadores, foi desenvolvida uma matriz com as ações necessárias para reduzir os índices de fragilidade e melhorar a drenagem nas AP’s.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Diagnóstico das AP’s

Durante as vistorias técnicas, realizadas nas cinco AP’s, os fatores agravantes da ineficiência da drenagem urbana foram identificados e avaliados pela manifestação dos indicadores de fragilidade do sistema (IFS). Em linhas gerais, observou-se que o canal Av. Tiradentes, corpo receptor da microdrenagem das AP’s analisadas, apresenta peculiaridades que dificultam a macrodrenagem de sua bacia, com destaque para: trechos com calha estreitada por ocupações ribeirinhas irregulares; assoreamento da seção hidráulica; presença intensa de vegetação, esgoto e resíduos sólidos urbanos; e interferências de passarelas para pedestres, pontilhões e adutoras ao longo do seu curso.

Nas AP’s 01, 02 e 03 os alagamentos mais severos ocorrem por extravasamento do canal, uma vez que os mesmos estão situados em áreas ribeirinhas do sobredito corpo d’água. Em contrapartida, nas AP’s 04 e 05 os alagamentos ocorrem de forma isolada, podendo estar associados, de maneira especulativa, tanto a ineficiência da microdrenagem (através da ausência de manutenção regular ou dimensionamento insuficiente da rede) quanto ao nível d’água no canal durante as chuvas intensas.

Em todas as AP’s, observou-se que os fatores agravantes mais comuns e que podem favorecer a ocorrência dos alagamentos são: a impermeabilização excessiva dos lotes (como quintais e jardins cimentados); má condição física e alteração das estruturas públicas de drenagem (como cimentar as

sarjetas para a subida de veículos e fechar as bocas de lobo); e favorecimento da produção de sedimentos oriundos das áreas marginais do canal Av. Tiradentes e das vias não pavimentadas.

Especificamente na AP-05, percebeu-se uma quantidade significativa de lixo e sedimentos depositados nas estruturas de drenagem, obstruindo assim, a passagem das águas pluviais para os condutos. Isso porque, na AP em questão, está localizada a Feira Livre de Rio Doce que contribui para o acúmulo de resíduos nestes elementos de drenagem. Verificou-se, ainda, a presença de esgoto a céu aberto, percorrendo pelas sarjetas e desaguando nas bocas de lobo, comprometendo ainda mais a eficiência do sistema de drenagem local.

A Figura 2 exemplifica, numa sequência de fotos, parte das fragilidades descritas acima.



Figura 2 - (A.1, A.2, A.3) Deterioração das bocas de lobo e ausência de padronização; (B.1, B.2, B.3) Presença de ocupações ribeirinhas, vegetação, esgoto e interferência por adutoras; (C.1, C.2, C.3) Erosão dos acessos e vias principais.

### 3.2 Aplicação dos indicadores e proposta de soluções

A Tabela 3 apresenta os valores atribuídos à manifestação dos indicadores de fragilidade do sistema (IFS) e a Figura 3 mostra os resultados dos índices gerais de fragilidade (IGF) para cada AP.

Tabela 4 - Indicadores de Fragilidade do Sistema para as AP's do bairro de Rio Doce, em Olinda.

Natureza do indicador	Indicadores de Fragilidade do Sistema (IFS)	Valores (pesos) atribuídos				
		AP-01	AP-02	AP-03	AP-04	AP-05
Ambiental	1- Ocorrência de alagamentos	3	5	2	4	4
	2- Ausência de dispositivos de armazenamento e de áreas para a infiltração da água pluvial nos lotes	5	5	5	4	5
	3- Favorecimento da produção de sedimentos	5	3	3	2	2
	4- Possível erosão da pavimentação das vias de acesso ocasionada pelo escoamento superficial	4	4	4	3	3
	5- Disposição de resíduos sólidos e deposição de sedimentos em vias públicas	4	4	4	3	5
	6- Interação inadequada com esgoto nos equipamentos de drenagem	3	3	1	1	5
	7- Interferência no trânsito de veículos na ocorrência de alagamentos	5	5	3	5	5
	8- Interferência no movimento de pedestres na ocorrência de alagamentos	5	5	5	5	5
	9- Ocupações ribeirinhas na calha do corpo receptor	5	5	5	5	5
	10- Assoreamento, presença de vegetação, resíduos sólidos e esgotos no corpo receptor	5	5	5	5	5
	11- Canalização e revestimento da seção hidráulica do corpo receptor	1	0	0	0	0
	12- Restrição à implantação de áreas de inundação	5	5	5	4	5
<b>Índice de Fragilidade - Ambiental</b>		<b>50</b>	<b>49</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>49</b>
Tecnológica	13- Deterioração física dos equipamentos de drenagem	4	4	4	4	4
	14- Ineficiência do escoamento nos eixos viários	4	5	4	4	5
	15- Inexistência de diretrizes para a execução do sistema de drenagem urbana	5	5	5	5	5
	16- Ineficiência dos dispositivos de coleta	5	5	5	3	5
	17- Ineficiência da capacidade de transporte pelos condutos	5	5	1	5	5
	18- Redução da vida útil das estruturas de drenagem	5	5	5	5	5
	19- Redução da vida útil dos pavimentos	3	4	4	3	3
	20- Incompatibilização das curvas verticais nos cruzamentos viários	1	2	1	1	1
	21- Passeios e/ou calçadas totalmente impermeabilizadas	3	5	4	5	5
	22- Interferência no escoamento das águas pluviais no corpo receptor	5	4	3	3	3
<b>Índice de Fragilidade - Tecnológica</b>		<b>40</b>	<b>44</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>41</b>
Institucional	23- Elevação dos gastos com manutenção e conservação	4	4	4	4	5
	24- Encarecimento das soluções técnicas	4	4	4	4	4
	25- Perda de credibilidade da administração pública	4	4	4	4	4
	26- Ausência de manutenção regular do sistema de drenagem urbana	3	4	3	4	3
<b>Índice de Fragilidade - Institucional</b>		<b>15</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
<b>ÍNDICE GERAL DE FRAGILIDADE - IGF</b>		<b>105</b>	<b>109</b>	<b>93</b>	<b>95</b>	<b>106</b>
<b>ESCALONAMENTO DE PRIORIDADES</b>		<b>3º</b>	<b>1º</b>	<b>5º</b>	<b>4º</b>	<b>2º</b>



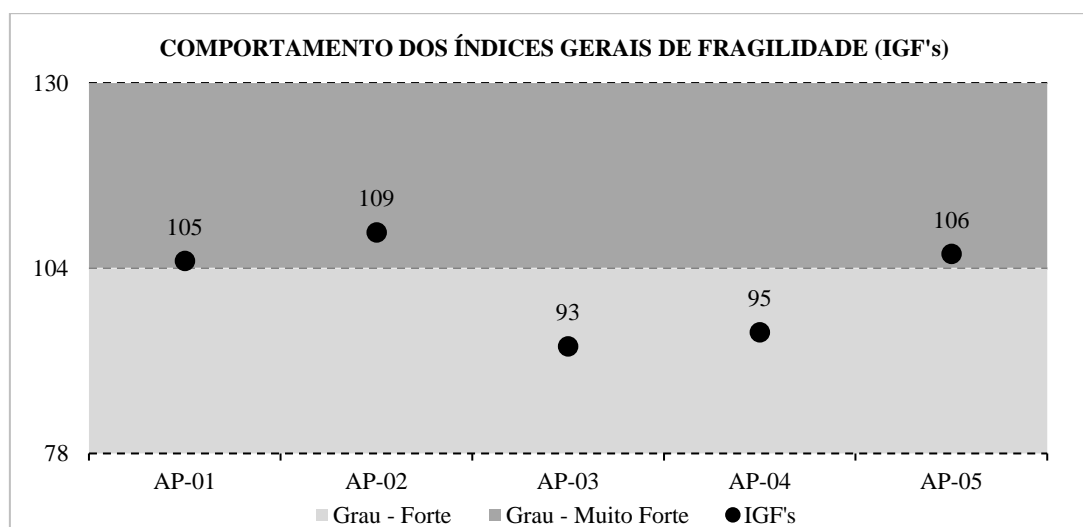


Figura 3 - Valores dos Índices Gerais de Fragilidade nas AP's do bairro de Rio Doce, em Olinda.

Na avaliação dos índices de fragilidade (Tabela 4), para todas as AP's, os fatores mais agravantes à ocorrência dos alagamentos, aos quais foram atribuídos o peso 5, são os indicadores 8, 9 e 10 (de natureza ambiental) e os indicadores 15 e 18 (de natureza tecnológica). Tais indicadores refletem a deficiência não só dos elementos de microdrenagem, que apresentam sérios problemas de conservação e padronização, mas também da macrodrenagem, com interferências das ocupações ribeirinhas, do assoreamento e da presença de vegetação, resíduos sólidos e esgoto.

Os índices gerais (Figura 3) variaram de 93 (AP-03) a 109 (AP-02), indicando que os graus de fragilidade do sistema transitam entre o “forte” e o “muito forte”. Tais índices também revelaram a hierarquização das AP's (Tabela 4) quanto à priorização de ações efetivas que auxiliem na eficiência da drenagem urbana das áreas analisadas.

Neste sentido, de forma expedita, o Quadro 2 estabelece uma matriz com 10 ações importantes e recomendadas para cada AP, a fim de que o IFS e IGF possam ser diminuídos a níveis aceitáveis.

Quadro 2 - Matriz de identificação das ações recomendadas para cada AP.

Ações	01	02	03	04	05
1. Elaboração de projetos básico e executivo; ou estudos preliminares			X		X
2. Execução de obras de microdrenagem			X		X
3. Execução de obras de macrodrenagem					
4. Desobstrução e limpeza dos dispositivos hidráulicos	X	X	X	X	X
5. Recuperação, adequação e melhoramento dos dispositivos existentes	X	X	X	X	X
6. Limpeza e remoção do assoreamento no corpo receptor	X	X	X	X	X
7. Recuperação de pavimentos	X	X	X		
8. Controle de sedimentos e dos processos erosivos	X	X	X		
9. Elaboração de dispositivos legais e normativos para padronização dos dispositivos	X	X	X	X	X
10. Ação conjunta entre os componentes do saneamento ambiental	X	X	X	X	X

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, verificou-se que a utilização dos indicadores de fragilidade auxiliou a evidenciar os principais fatores agravantes da ocorrência dos alagamentos nas áreas analisadas. As AP's 01, 02 e 05 apresentaram os maiores IGF's com grau de fragilidade "muito forte". Não menos importante, as AP's 03 e 04 também apresentaram condições de criticidade, destacando a ineficiência da rede de microdrenagem existente e a manutenção irregular desta. Em linhas gerais, boa parte das ações sugeridas consistem na recuperação, desobstrução e padronização dos dispositivos existentes.

É válido destacar que a metodologia aplicada neste estudo pode auxiliar os órgãos públicos, tomadores de decisão, a estabelecer uma hierarquização dos principais problemas a serem atacados e definir um conjunto de ações para conter os alagamentos em outras localidades da cidade de Olinda.

#### REFERÊNCIAS

KEMERICH, P. D. C.; MARTINS, S. R.; KOBAYAMA, M.; BURIOL, G. A.; BORBA, W. F.; RITTER, L. G. (2013). Avaliação da Sustentabilidade Ambiental em bacias hidrográficas mediante a aplicação do modelo P-E-R. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.10, n.10, p. 2140-2150, jan./abr. 2013.

RIPOL E SILVA, B.; PINHEIRO, H.; LOPES, D. D. (2013). Seleção de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de drenagem urbana. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 01, n. 01, pp. 30-44, 2013.

SANTOS JÚNIOR, V. J. (2014). Avaliação da fragilidade no sistema de drenagem pluvial urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego das Melancias em Montes Claros – MG. *Revista Monografias Ambientais – REMOA*, v.13, n.5, p.3986-3997, dez. 2014.

SANTOS JÚNIOR, V. J. (2013). *Avaliação da drenagem pluvial da bacia hidrográfica do córrego Cintra em Montes Claros/MG. 2013.* 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas Santo Agostinho – FACET, Montes Claros.

SANTOS JÚNIOR, V. J.; SANTOS, C. O. (2014). Aplicação de indicadores de fragilidade do sistema de natureza ambiental na bacia hidrográfica do rio Cintra – MG. *Revista Monografias Ambientais - REMOA*, v.13, n.5, p.3872-3880, dez. 2014.

SILVA, B. J; PEREIRA, O. S.; ASSIS, W. A. V; MORAES, L. R. S. (2004). *O componente drenagem urbana no Plano Municipal de Saneamento Ambiental de Alagoinhas, Bahia.* Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assemae126.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.

STEINER, L. (2011). *Avaliação do sistema de drenagem pluvial urbana com aplicação do índice de fragilidade. Estudo de caso: microbacia do Rio Criciúma.* Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma.

VARGAS, I. E. O.; MIRANDA, T. C. (2016). *Avaliação do índice de fragilidade do sistema de drenagem pluvial urbano. Estudo de caso: Setor Jardim América Porto Nacional – TO.* In: Anais do XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Aracaju/SE, nov. 2016.