SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ESTUDO DAS CONTRIBUIÇÕES PLUVIAIS PARASITÁRIAS NA SUB-BACIA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO 4-A1 DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE – SC

Study of parasitic rainwater contributions in the 4-A1 sanitary sewage sub-basin in the city of Joinville – SC

Vinicius Gon [1]; Michela Steluti Poleti Faria [2]

Recebido em 14 de maio de 2023, aprovado em 25 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Sistema de esgotamento sanitário

Águas pluviais parasitárias

Ligações clandestinas

Vazão de esgoto sanitário

Keywords:

Sanitary sewage system

Parasitic rainwater

Clandestine connections

Sanitary sewer flow

RESUMO: Atualmente no Brasil o sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário é do tipo separador absoluto, no qual o encaminhamento do esgoto e das águas pluviais são realizados de maneira independentes. Contudo, a maioria das grandes cidades brasileiras sofre com problemas de sobrecarga no sistema de esgoto sanitário, por vários motivos, principalmente devido as ligações clandestinas de drenagem pluvial das residências na rede de esgoto sanitário. A entrada de águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário em volume superior ao previsto nos dimensionamentos, pode ocasionar problemas operacionais e ambientais. Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho é realizar um estudo das contribuições pluviais parasitárias na sub-bacia 4-A1 pertencente ao sistema de esgotamento sanitário do município de Joinville – SC. Para isso, as metodologias empregadas foram divididas nas seguintes etapas: obtenção dos dados técnicos, constatação da contribuição pluvial parasitária na região em estudo, mensuração da contribuição pluvial parasitária e avaliação dos resultados. A partir do presente estudo de caso, foi possível constatar um aumento significativo na vazão de esgoto sanitário da bacia 4-A1 nos dias que foram registradas ocorrências de chuva, comprovando dessa forma, a real presença da contribuição de águas pluviais parasitárias no sistema de esgotamento da sub-bacia 4-A1 no município de Joinville.

ABSTRACT: Currently in Brazil, the sanitary sewage collection and transport system is of the absolute separator type, in which sewage and rainwater are forwarded independently. However, most large Brazilian cities suffer from problems of overload in the sanitary sewage system, for several reasons, mainly due to clandestine connections of rainwater drainage of the residences in the sanitary sewage network. The entry of rainwater into the sanitary sewage system in a volume greater than that foreseen in the sizing can cause operational and environmental problems. Given the above, the main objective of this work is to carry out a study of parasitic rainfall contributions in sub-basin 4-A1 belonging to the sanitary sewage system of the city of Joinville - SC. For this, the methodologies employed were divided into the following steps: obtaining technical data, finding the parasitic rainfall contribution in the region under study, measuring the parasitic rainfall contribution and evaluating the results. From the present case study, it was possible to verify a significant increase in the flow of sanitary sewage of the basin 4-A1 in the days that occurrences of rain were registered, proving in this way, the real presence of the contribution of parasitic rainwater in the sewage system of sub-basin 4-A1 in the municipality of Joinville.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **GON, Vinicius**: Engenheiro Civil, Centro Universitário Sociedade Educacional de Santa Catarina (UNISOCIESC) – Campus Anita Garibaldi, Joinville -SC. engenheiroviniciusgon@gmail.com.
[2] **FARIA, Michela Steluti Poleti**: Engenheira Civil, Mestre, Centro Universitário Sociedade Educacional de Santa Catarina (UNISOCIESC) – Campus Anita Garibaldi, Joinville -SC. michela.steluti@unisociesc.com.br.

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados oficiais da Companhia Águas de Joinville (2022), o monitoramento e controle da vazão de entrada de esgotos sanitários em dias de chuva nas estações de tratamento da cidade de Joinville é muito maior que à vazão de entrada em períodos de tempo seco, ou seja, sem chuva. Ademais, tem-se observado, com frequência nos dias de períodos chuvosos, à ocorrência de altos índices de extravasamentos e refluxos de esgoto em várias regiões da cidade de Joinville, sendo uma delas na sub-bacia 4-A1.

De acordo com Bertolino (2013), tal problema, prejudica significativamente o sistema de esgoto, pois à entrada de águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário pode ocasionar problemas operacionais como à perda de eficiência em estações de tratamento de esgoto, extravasamentos de esgoto para o meio ambiente, refluxo de esgoto nas ligações domiciliares, aumento da despesa operacional associada à manutenção das redes coletoras e ainda o aumento do consumo de energia elétrica nas estações de recalque.

Segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986), compreende-se por contribuição pluvial parasitária, à parcela de deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede coletora de esgoto sanitário e a água de infiltração, toda água proveniente do subsolo, não desejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações.

Desse modo, percebe-se que os custos associados à contribuição pluvial parasitária são elevados e os riscos ambientais são muitos, o que torna necessário e justifica os investimentos em sua redução.

Isto posto, o presente trabalho tem por objetivo principal estudar as contribuições pluviais parasitárias na sub-bacia de sistema de esgotamento sanitário 4-A1 do município de Joinville – SC.

2 METODOLOGIA

O tema de estudo proposto neste artigo, deu-se em virtude do grande número de extravasamentos de esgoto em dias de chuva na Rua Ernesto Friedrichsen (Figura 1), localizada no bairro Glória na cidade de Joinville-SC, região pertencente ao sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1.

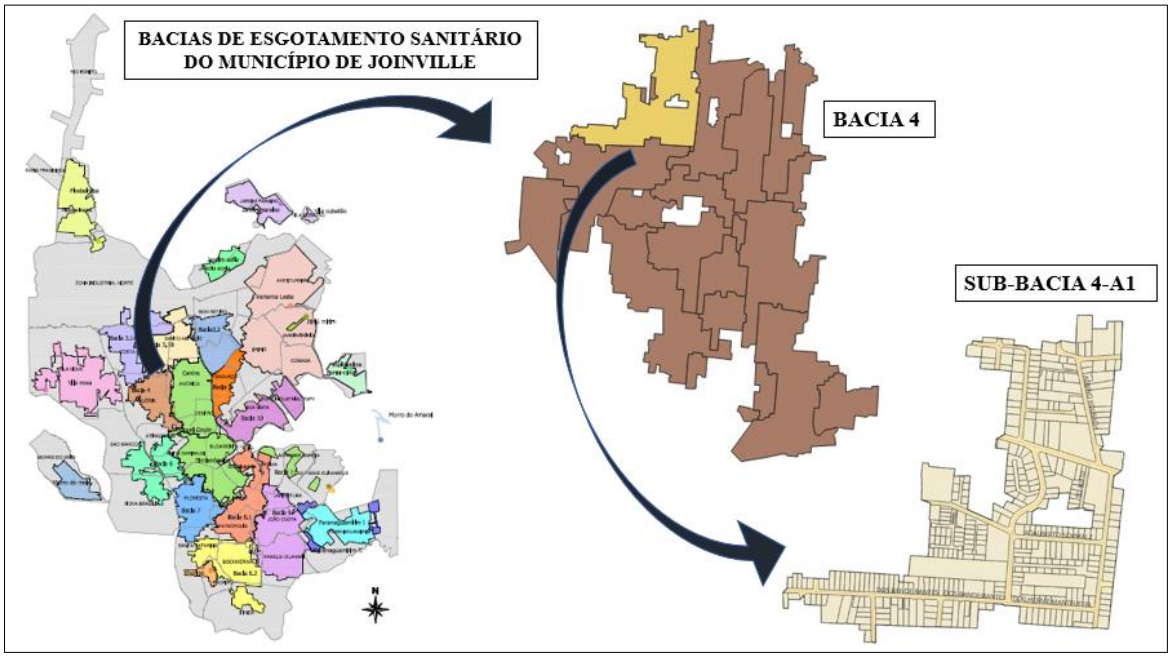
Figura 1 – Pontos de extravasamentos de esgoto na Rua Ernesto Friedrichsen



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

O estudo de caso foi realizado na sub-bacia de esgotamento sanitário 4-A1, situada na região centro-norte da cidade de Joinville - SC e compreende os bairros Costa e Silva e Glória conforme a Figura 2 e a Figura 3.

Figura 2 - Localização da Sub-Bacia 4 A-1



Fonte: Autoral (2023)

Figura 3 - Delimitação da Sub-Bacia 4 A-1



Fonte: Autoral (2023)

A Figura 4, demonstra às etapas da pesquisa que consolidaram o processo do início até sua finalização, que visa realizar a mensuração e avaliação da contribuição pluvial parasitária no sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1.

Figura 4 – Fluxograma das etapas do estudo de caso



Fonte: Autoral (2023)

A metodologia exposta acima, foi construída com base no plano de combate às infiltrações pluviais elaborado pela Companhia Águas de Joinville, somado o método de cálculo proposto por METCALF & EDDY Inc. (1991) que serão exemplificados com mais detalhes nos resultados e discussões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dados técnicos

Com base nos dados obtidos no sistema da Companhia Águas de Joinville (2022), o Quadro 1 apresenta o número de matrículas (ligação predial do ramal de água com hidrômetro ativo) com ligação de esgoto ativa, além das economias (unidades consumidoras) residenciais, comerciais, industriais e públicas que contribuem para o sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1.

Quadro 1 – Número de matrículas e economias da Sub-bacia 4-A1

Número de matrículas e economias da sub-bacia 4 - A1					
Matrículas com ligação de esgoto ativa	Economias Residenciais	Economias Comerciais	Economias Industriais	Economias Públicas	Total de economias ativas
368	667	29	0	0	696

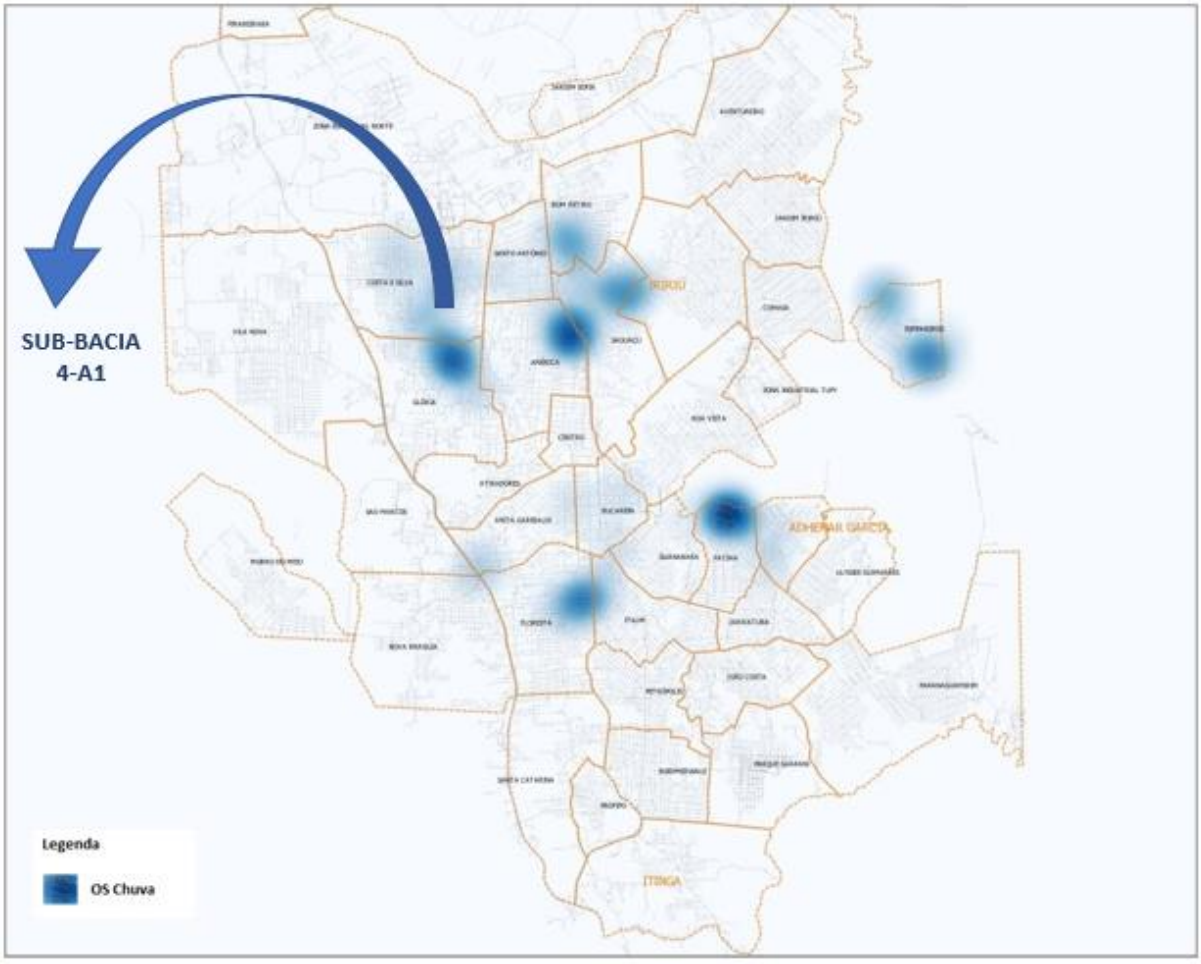
Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.2 Número de extravasamentos

O mapa de calor da Figura 5, representa às regiões do município de Joinville com maiores intensidades de reclamações de extravasamentos de esgoto entre 2021 até 2022.

Dessa forma, percebe-se que à região na qual a sub-bacia 4-A1 está localizada, possui uma relevância muito significativa em relação ao número de reclamações por extravasamentos de esgoto sanitário em dias de chuva na cidade de Joinville-SC.

Figura 5 - Mapa de calor dos pontos de maior extravasamento de esgoto causados pela chuva em Joinville-SC



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.3 Comportamento hidráulico da estação elevatória de esgoto

O Quadro 2 representa a avaliação do comportamento hidráulico por meio de uma comparação dos valores de correntes nas bombas da elevatória Guilherme Manteuffel presente na sub-bacia 4-A1 em dias secos e chuvosos bem como o tempo em que a mesma ficou com volume de esgoto acima de seu nível crítico.

Quadro 2 – Comportamento hidráulico da elevatória Guilherme Manteuffel

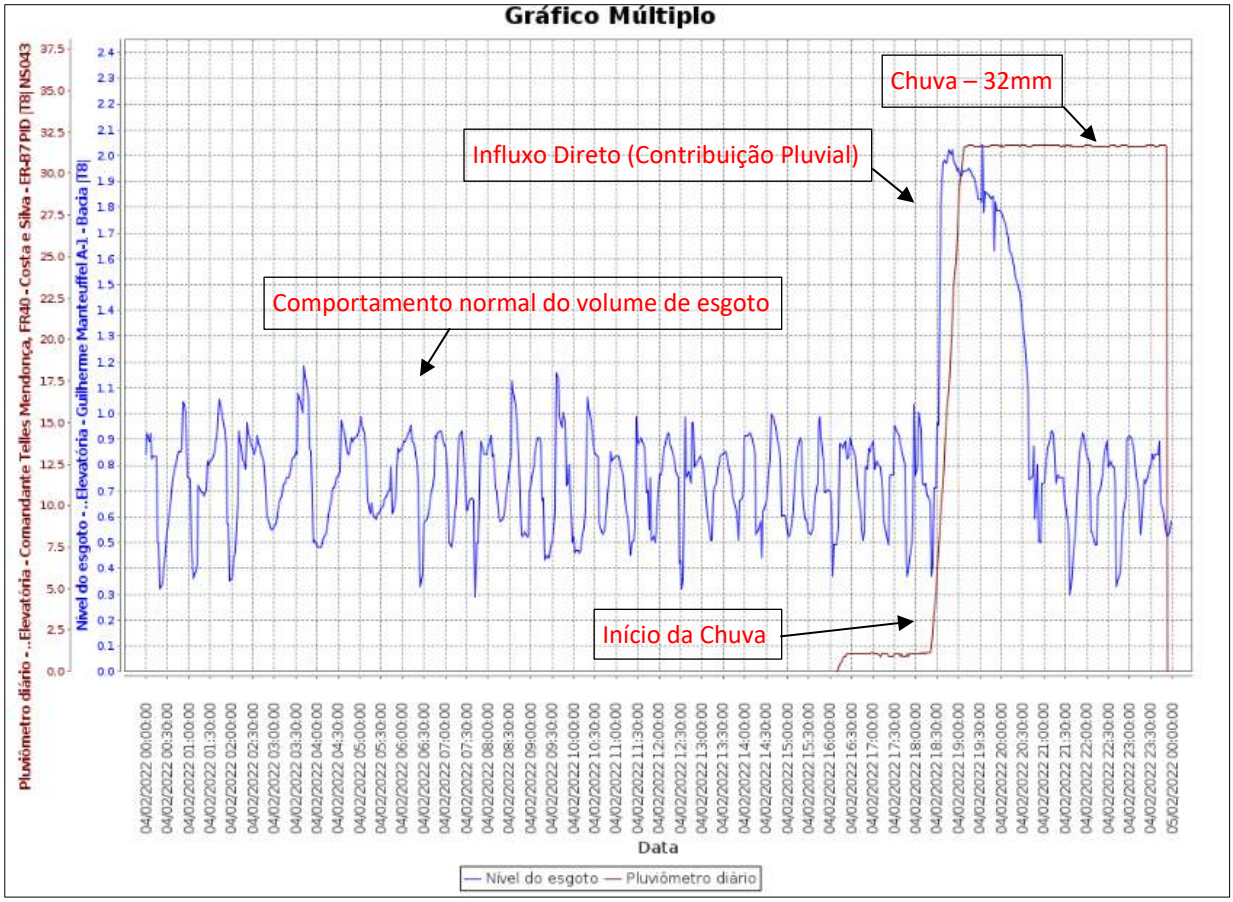
AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DA ELEVATÓRIA GUILHERME MANTEUFFEL NA SUB-BACIA 4-A1									
Nível Superior Crítico (m)	Período de Chuva 27/01/2022 (66,64mm acumulado no dia)			Tempo seco (03/01/2022) (0,0mm acumulado no dia)			RESULTADOS		
	Tempo acima do nível superior crítico (horas)	Corrente B1 (A)	Corrente B2 (A)	Tempo acima do nível superior crítico (horas)	Corrente B1 (A)	Corrente B2 (A)	% de aumento da Corrente B1	% de aumento da Corrente B2	% de aumento da Correte TOTAL
1,50	02:42:00	6,46	3,62	00:00:00	3,30	0,76	96%	376%	**472%**

Fonte: Autoral (2023)

Desse modo, verificou-se que o valor das correntes das bombas da elevatória é maior em períodos de chuva, isso significa que as bombas precisam trabalhar mais para conter uma maior vazão de esgoto na elevatória, pois o nível de efluente é maior em dias de chuva quando comparado o nível de efluente em dias sem precipitação.

No dia 04 de fevereiro de 2022, verificou-se via telemetria que após um evento de chuva com precipitação acumulada de 32mm, ocorreu um pico de influxo direto na elevatória Guilherme Manteuffel a partir do início da chuva. Ou seja, antes do evento de chuva o nível de esgoto na elevatória apresentava um comportamento padrão, e a partir do início da chuva, o nível de esgoto teve um aumento muito significativo conforme a Figura 6.

Figura 6 – Nível de esgoto da elevatória Guilherme Manteuffel, no momento da chuva no dia 04/02/2022.



Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.4 Dados pluviométricos

Os Quadros 3, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam o comportamento das chuvas por meio do valor de precipitação acumulada em milímetros na região em estudo do município de Joinville-SC ao longo dos meses de janeiro de 2021 até junho de 2022 no qual o estudo foi realizado.

Quadro 3 - Índice de pluviometria registrada na região de Janeiro à Março de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/01/2021	15,88	01/02/2021	0,00	01/03/2021	22,94
02/01/2021	1,45	02/02/2021	0,00	02/03/2021	10,66
03/01/2021	20,08	03/02/2021	0,00	03/03/2021	9,12
04/01/2021	0,00	04/02/2021	1,25	04/03/2021	3,09
05/01/2021	9,43	05/02/2021	1,86	05/03/2021	2,78
06/01/2021	6,37	06/02/2021	0,00	06/03/2021	9,64
07/01/2021	39,53	07/02/2021	0,00	07/03/2021	3,29
08/01/2021	8,21	08/02/2021	9,74	08/03/2021	1,86
09/01/2021	4,52	09/02/2021	0,00	09/03/2021	5,13
10/01/2021	1,45	10/02/2021	0,00	10/03/2021	0,00
11/01/2021	13,43	11/02/2021	54,16	11/03/2021	0,00
12/01/2021	0,00	12/02/2021	6,87	12/03/2021	0,00
13/01/2021	13,53	13/02/2021	9,85	13/03/2021	0,00
14/01/2021	17,42	14/02/2021	19,76	14/03/2021	53,75
15/01/2021	2,47	15/02/2021	5,64	15/03/2021	0,00
16/01/2021	0,00	16/02/2021	13,33	16/03/2021	0,00
17/01/2021	1,45	17/02/2021	0,00	17/03/2021	44,75
18/01/2021	37,27	18/02/2021	0,00	18/03/2021	0,94
19/01/2021	20,39	19/02/2021	0,00	19/03/2021	6,06
20/01/2021	3,50	20/02/2021	4,52	20/03/2021	0,00
21/01/2021	41,37	21/02/2021	0,00	21/03/2021	0,00
22/01/2021	22,43	22/02/2021	0,00	22/03/2021	3,80
23/01/2021	0,52	23/02/2021	5,03	23/03/2021	7,69
24/01/2021	0,52	24/02/2021	0,00	24/03/2021	2,78
25/01/2021	2,26	25/02/2021	40,85	25/03/2021	1,25
26/01/2021	0,73	26/02/2021	33,38	26/03/2021	4,42
27/01/2021	0,63	27/02/2021	53,75	27/03/2021	4,11
28/01/2021	6,57	28/02/2021	40,54	28/03/2021	8,41
29/01/2021	2,78	<>	<>	29/03/2021	13,43
30/01/2021	0,00	<>	<>	30/03/2021	0,00
31/01/2021	0,00	<>	<>	31/03/2021	0,00
TOTAL	**294,19**	**TOTAL**	**300,53**	**TOTAL**	**219,90**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 4 - Índice de pluviometria registrada na região de Abril à Junho de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/04/2021	0,00	01/05/2021	0,00	01/06/2021	0,00
02/04/2021	1,86	02/05/2021	0,00	02/06/2021	0,00
03/04/2021	9,43	03/05/2021	0,00	03/06/2021	0,00
04/04/2021	2,78	04/05/2021	0,00	04/06/2021	0,00
05/04/2021	0,00	05/05/2021	0,00	05/06/2021	0,00
06/04/2021	16,39	06/05/2021	33,07	06/06/2021	3,29
07/04/2021	0,00	07/05/2021	0,00	07/06/2021	26,83
08/04/2021	10,25	08/05/2021	0,00	08/06/2021	9,74
09/04/2021	0,00	09/05/2021	2,06	09/06/2021	0,00
10/04/2021	0,00	10/05/2021	4,21	10/06/2021	0,00
11/04/2021	0,00	11/05/2021	2,58	11/06/2021	0,00
12/04/2021	0,00	12/05/2021	25,30	12/06/2021	0,00
13/04/2021	0,00	13/05/2021	0,00	13/06/2021	0,00
14/04/2021	0,00	14/05/2021	0,00	14/06/2021	0,00
15/04/2021	0,52	15/05/2021	1,25	15/06/2021	0,00
16/04/2021	0,00	16/05/2021	0,00	16/06/2021	0,00
17/04/2021	15,47	17/05/2021	0,00	17/06/2021	0,00
18/04/2021	1,35	18/05/2021	0,00	18/06/2021	3,70
19/04/2021	2,78	19/05/2021	0,00	19/06/2021	34,71
20/04/2021	0,00	20/05/2021	0,00	20/06/2021	2,47
21/04/2021	8,72	21/05/2021	0,00	21/06/2021	3,39
22/04/2021	6,16	22/05/2021	9,85	22/06/2021	0,00
23/04/2021	0,00	23/05/2021	0,00	23/06/2021	1,04
24/04/2021	0,00	24/05/2021	0,00	24/06/2021	0,00
25/04/2021	0,73	25/05/2021	0,00	25/06/2021	0,73
26/04/2021	0,00	26/05/2021	0,00	26/06/2021	1,15
27/04/2021	0,00	27/05/2021	0,00	27/06/2021	0,00
28/04/2021	0,00	28/05/2021	0,00	28/06/2021	9,33
29/04/2021	0,00	29/05/2021	0,00	29/06/2021	3,19
30/04/2021	1,96	30/05/2021	10,35	30/06/2021	0,00
<>	<>	31/05/2021	0,00	<>	<>
TOTAL	**78,40**	**TOTAL**	**88,67**	**TOTAL**	**99,57**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 5 - Índice de pluviometria registrada na região de Julho à Setembro de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/07/2021	0,00	01/08/2021	0,00	01/09/2021	0,00
02/07/2021	0,00	02/08/2021	0,00	02/09/2021	0,00
03/07/2021	0,00	03/08/2021	0,00	03/09/2021	0,00
04/07/2021	0,00	04/08/2021	0,63	04/09/2021	0,00
05/07/2021	0,00	05/08/2021	1,15	05/09/2021	7,38
06/07/2021	2,99	06/08/2021	0,00	06/09/2021	0,00
07/07/2021	1,25	07/08/2021	4,52	07/09/2021	sem dados
08/07/2021	0,00	08/08/2021	0,00	08/09/2021	3,29
09/07/2021	0,00	09/08/2021	0,00	09/09/2021	0,00
10/07/2021	0,00	10/08/2021	0,00	10/09/2021	0,00
11/07/2021	0,00	11/08/2021	6,26	11/09/2021	0,00
12/07/2021	0,00	12/08/2021	14,44	12/09/2021	0,00
13/07/2021	0,00	13/08/2021	24,98	13/09/2021	0,00
14/07/2021	0,00	14/08/2021	0,00	14/09/2021	2,16
15/07/2021	1,15	15/08/2021	0,00	15/09/2021	1,15
16/07/2021	16,08	16/08/2021	2,47	16/09/2021	24,07
17/07/2021	0,00	17/08/2021	0,00	17/09/2021	31,13
18/07/2021	0,00	18/08/2021	0,00	18/09/2021	1,76
19/07/2021	0,00	19/08/2021	0,00	19/09/2021	0,00
20/07/2021	0,00	20/08/2021	0,00	20/09/2021	0,00
21/07/2021	0,00	21/08/2021	0,00	21/09/2021	0,00
22/07/2021	0,00	22/08/2021	0,00	22/09/2021	0,00
23/07/2021	0,00	23/08/2021	0,00	23/09/2021	0,00
24/07/2021	0,00	24/08/2021	0,00	24/09/2021	0,00
25/07/2021	0,00	25/08/2021	0,00	25/09/2021	0,00
26/07/2021	0,00	26/08/2021	0,00	26/09/2021	0,00
27/07/2021	7,80	27/08/2021	0,00	27/09/2021	0,00
28/07/2021	0,00	28/08/2021	22,03	28/09/2021	15,57
29/07/2021	0,00	29/08/2021	4,21	29/09/2021	4,52
30/07/2021	0,00	30/08/2021	1,25	30/09/2021	2,78
31/07/2021	0,00	31/08/2021	1,45	<>	<>
TOTAL	**29,27**	**TOTAL**	**83,39**	**TOTAL**	**93,81**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 6 - Índice de pluviometria registrada na região de Outubro à Dezembro de 2021.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/10/2021	12,80	01/11/2021	37,06	01/12/2021	0,00
02/10/2021	0,00	02/11/2021	0,00	02/12/2021	6,26
03/10/2021	4,32	03/11/2021	0,00	03/12/2021	0,84
04/10/2021	9,12	04/11/2021	4,63	04/12/2021	0,94
05/10/2021	0,00	05/11/2021	0,00	05/12/2021	5,54
06/10/2021	5,03	06/11/2021	0,00	06/12/2021	20,59
07/10/2021	0,00	07/11/2021	0,63	07/12/2021	9,33
08/10/2021	2,26	08/11/2021	1,04	08/12/2021	0,00
09/10/2021	10,15	09/11/2021	1,35	09/12/2021	0,00
10/10/2021	12,70	10/11/2021	1,55	10/12/2021	0,00
11/10/2021	10,96	11/11/2021	5,03	11/12/2021	25,50
12/10/2021	6,77	12/11/2021	14,04	12/12/2021	0,00
13/10/2021	0,52	13/11/2021	1,15	13/12/2021	0,00
14/10/2021	0,00	14/11/2021	0,00	14/12/2021	12,40
15/10/2021	21,72	15/11/2021	0,00	15/12/2021	2,47
16/10/2021	0,00	16/11/2021	0,00	16/12/2021	0,00
17/10/2021	17,72	17/11/2021	sem dados	17/12/2021	1,04
18/10/2021	9,12	18/11/2021	206,54	18/12/2021	35,63
19/10/2021	6,67	19/11/2021	2,58	19/12/2021	1,76
20/10/2021	2,89	20/11/2021	0,00	20/12/2021	0,00
21/10/2021	0,00	21/11/2021	0,00	21/12/2021	1,76
22/10/2021	0,00	22/11/2021	0,00	22/12/2021	4,93
23/10/2021	3,19	23/11/2021	8,31	23/12/2021	0,00
24/10/2021	0,00	24/11/2021	0,00	24/12/2021	2,06
25/10/2021	0,00	25/11/2021	0,00	25/12/2021	0,00
26/10/2021	0,00	26/11/2021	4,52	26/12/2021	19,46
27/10/2021	0,00	27/11/2021	0,00	27/12/2021	0,00
28/10/2021	4,83	28/11/2021	0,00	28/12/2021	0,00
29/10/2021	32,77	29/11/2021	0,00	29/12/2021	0,00
30/10/2021	20,89	30/11/2021	0,00	30/12/2021	11,38
31/10/2021	47,09	<>	<>	31/12/2021	8,51
TOTAL	**241,52**	**TOTAL**	**288,43**	**TOTAL**	**170,40**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 7 - Índice de pluviometria registrada na região de Janeiro à Março de 2022.

DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/01/2022	0,00	01/02/2022	0,00	01/03/2022	46,38
02/01/2022	0,00	02/02/2022	0,00	02/03/2022	74,01
03/01/2022	0,00	03/02/2022	0,00	03/03/2022	2,89
04/01/2022	34,00	04/02/2022	31,74	04/03/2022	0,00
05/01/2022	25,40	05/02/2022	0,00	05/03/2022	0,00
06/01/2022	2,68	06/02/2022	1,35	06/03/2022	0,00
07/01/2022	0,00	07/02/2022	0,00	07/03/2022	sem dados
08/01/2022	0,00	08/02/2022	0,00	08/03/2022	0,00
09/01/2022	2,06	09/02/2022	0,00	09/03/2022	4,93
10/01/2022	32,77	10/02/2022	0,00	10/03/2022	5,13
11/01/2022	13,02	11/02/2022	0,00	11/03/2022	37,37
12/01/2022	0,00	12/02/2022	0,00	12/03/2022	22,33
13/01/2022	0,00	13/02/2022	0,00	13/03/2022	8,11
14/01/2022	4,21	14/02/2022	33,48	14/03/2022	2,68
15/01/2022	0,00	15/02/2022	0,00	15/03/2022	8,11
16/01/2022	0,00	16/02/2022	0,00	16/03/2022	3,70
17/01/2022	0,00	17/02/2022	33,79	17/03/2022	0,00
18/01/2022	0,00	18/02/2022	0,00	18/03/2022	13,53
19/01/2022	0,00	19/02/2022	0,00	19/03/2022	4,93
20/01/2022	0,00	20/02/2022	0,00	20/03/2022	4,21
21/01/2022	0,00	21/02/2022	2,68	21/03/2022	35,94
22/01/2022	0,00	22/02/2022	19,46	22/03/2022	5,03
23/01/2022	0,00	23/02/2022	0,63	23/03/2022	0,00
24/01/2022	0,00	24/02/2022	0,00	24/03/2022	19,76
25/01/2022	0,00	25/02/2022	0,00	25/03/2022	0,00
26/01/2022	0,00	26/02/2022	0,00	26/03/2022	0,00
27/01/2022	66,64	27/02/2022	0,00	27/03/2022	0,00
28/01/2022	25,30	28/02/2022	0,00	28/03/2022	0,00
29/01/2022	6,37	<>	<>	29/03/2022	0,00
30/01/2022	4,73	<>	<>	30/03/2022	9,64
31/01/2022	1,15	<>	<>	31/03/2022	17,42
TOTAL	**218,33**	**TOTAL**	**123,13**	**TOTAL**	**326,10**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

Quadro 8 - Índice de pluviometria registrada na região de Abril à Junho de 2022.

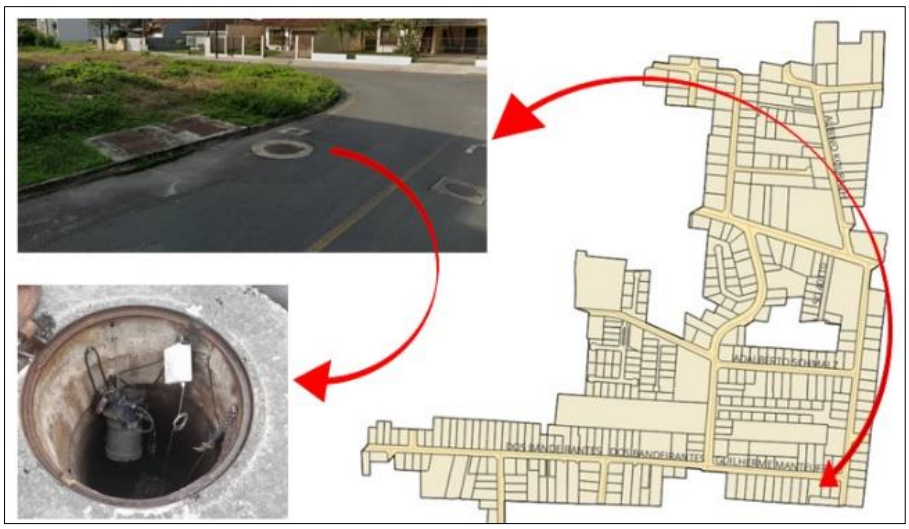
DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)	DATA	ACUMULADO (MM)
01/04/2022	11,99	01/05/2022	0,00	01/06/2022	27,24
02/04/2022	4,73	02/05/2022	16,70	02/06/2022	31,23
03/04/2022	0,52	03/05/2022	53,14	03/06/2022	0,52
04/04/2022	2,99	04/05/2022	36,15	04/06/2022	0,00
05/04/2022	0,00	05/05/2022	0,00	05/06/2022	1,15
06/04/2022	2,68	06/05/2022	0,00	06/06/2022	12,50
07/04/2022	3,50	07/05/2022	0,00	07/06/2022	16,70
08/04/2022	11,17	08/05/2022	0,00	08/06/2022	1,76
09/04/2022	0,00	09/05/2022	0,00	09/06/2022	6,26
10/04/2022	0,00	10/05/2022	3,09	10/06/2022	0,00
11/04/2022	1,15	11/05/2022	0,00	11/06/2022	0,00
12/04/2022	6,87	12/05/2022	0,00	12/06/2022	0,00
13/04/2022	12,80	13/05/2022	0,00	13/06/2022	0,00
14/04/2022	22,23	14/05/2022	0,00	14/06/2022	0,00
15/04/2022	0,00	15/05/2022	0,00	15/06/2022	0,00
16/04/2022	0,00	16/05/2022	0,00	16/06/2022	0,00
17/04/2022	0,00	17/05/2022	0,00	17/06/2022	0,00
18/04/2022	4,11	18/05/2022	0,00	18/06/2022	0,00
19/04/2022	0,00	19/05/2022	0,00	19/06/2022	0,00
20/04/2022	0,00	20/05/2022	0,00	20/06/2022	0,00
21/04/2022	0,00	21/05/2022	0,00	21/06/2022	0,00
22/04/2022	2,89	22/05/2022	0,00	22/06/2022	0,00
23/04/2022	12,70	23/05/2022	0,00	23/06/2022	0,00
24/04/2022	0,00	24/05/2022	0,00	24/06/2022	0,00
25/04/2022	0,00	25/05/2022	0,00	25/06/2022	0,00
26/04/2022	0,00	26/05/2022	0,00	26/06/2022	0,00
27/04/2022	0,00	27/05/2022	0,00	27/06/2022	0,00
28/04/2022	0,00	28/05/2022	0,00	28/06/2022	0,00
29/04/2022	0,00	29/05/2022	39,01	29/06/2022	0,00
30/04/2022	0,00	30/05/2022	12,50	30/06/2022	0,00
<>	<>	31/05/2022	2,37	<>	<>
TOTAL	**100,33**	**TOTAL**	**162,96**	**TOTAL**	**97,36**

Fonte: Companhia Águas de Joinville (2022)

3.5 Medição de vazão

O medidor de vazão da Sub-bacia 4-A1 foi instalado no poço de visita de chegada da elevatória Guilherme Manteuffel localizado na Rua Guilherme Manteuffel no bairro Glória conforme mostra a Figura 7. Ademais, como o medidor de vazão já estava instalado no local desde o ano de 2020, a sub-bacia 4-A1 possui um histórico de vazão muito significativo para a realização do estudo. Para o estudo em questão foram utilizados os dados de vazão coletados de janeiro de 2021 até junho de 2022 fornecidos pela Companhia Águas de Joinville.

Figura 7 - Localização do medidor de vazão da sub-bacia 4-A1

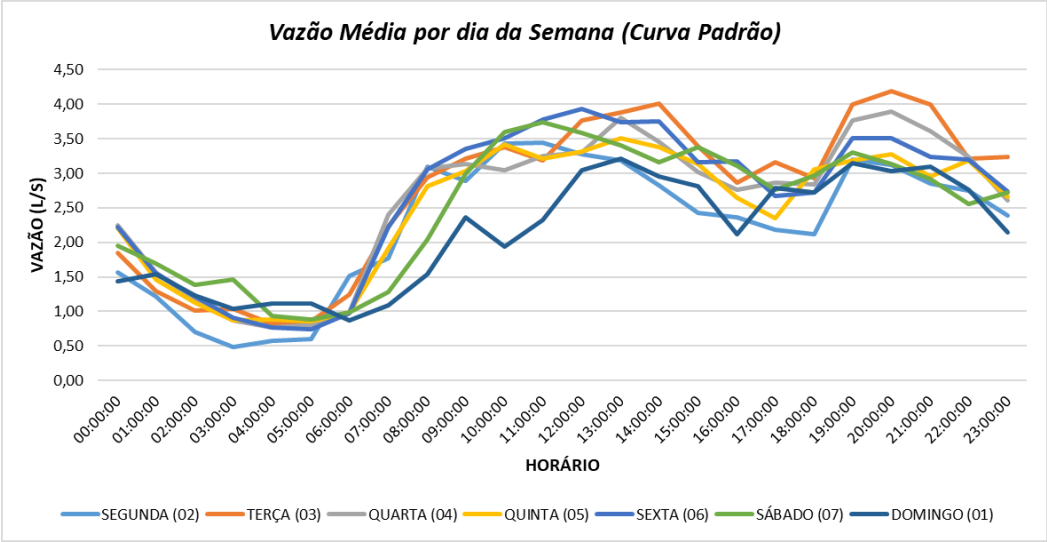


Fonte: Autoral (2023)

3.6 Relação dos dados de vazão e pluviometria da região

Com os dados de vazão registrados, montou-se o gráfico de comportamento padrão de vazão de entrada de esgoto por dias da semana na região em períodos secos conforme a Figura 8.

Figura 8 – Vazão média horária em tempo seco por dia da semana na sub-bacia 4-A1

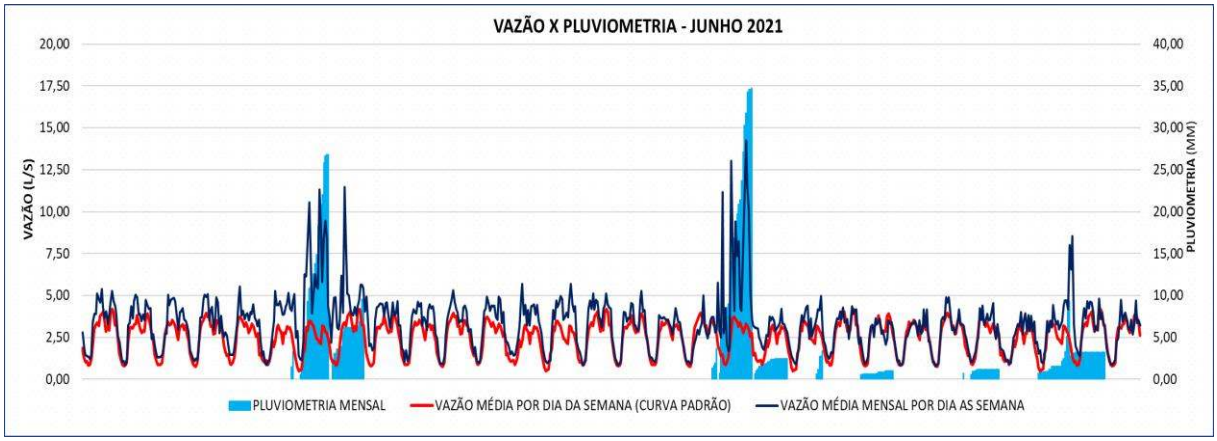


Fonte: Autoral (2023)

Com os eventos de chuva, identificou-se que a o comportamento padrão da vazão em período de tempo seco sofria influência direta com à chuva, caracterizando influxo direto.

Na Figura 9, é possível verificar que há incremento de vazão devido às chuvas no mês de junho de 2021. Ou seja, percebe-se que conforme ocorrem os eventos de precipitação durante o mês de junho de 2021, à linha de tendência de vazão média mensal aumenta significativamente, divergindo da curva padrão na qual deveria se aproximar.

Figura 9 – Gráfico vazão x pluviometria da sub-bacia 4-A1 no mês de Junho de 2021



Fonte: Autoral (2023)

3.6.1 Taxa de Infiltração

Para estimar à parcela que infiltra pelo solo através de juntas das tubulações, por defeito das tubulações, conexões ou pelo poço de visita, foram selecionados os dias úmidos e comparados com os dias secos. O Quadro 9 descreve a classificação dos dias conforme os eventos de chuva.

Quadro 9 – Classificação dos dias conforme os eventos de chuva.

EVENTO	DESCRIÇÃO
Chuvoso significativo	Precipitação total diária superior a 10mm
Chuvoso não significativo	Precipitação total diária superior a 4mm e inferior a 10mm
Úmido	Dois dias subsequentes às datas de ocorrência de qualquer evento chuvoso significativo
Seco	Todos os dias em que não se enquadram nas três classificações anteriores e que apresentam precipitação inferior a 4mm

Fonte: Adaptado de Metcalf e Eddy (1991)

A taxa de infiltração estimada foi dada pela diferença entre a vazão de esgoto doméstico média no dia úmido (Q médio úmido do dia) e à vazão média em dias secos do mês (Q médio seco do mês), onde o resultado foi divido pela extensão de rede coletora da sub-bacia 4-A1. O Quadro 10 apresenta os valores calculados para o ano de 2021.

Quadro 10 – Taxa de infiltração da sub-bacia 4-A1

TAXA DE INFILTRAÇÃO MENSAL - DADOS DOS DIAS ÚMIDOS					
DATA	Precipitação (mm)	Q médio úmido do dia (l/s)	Q médio seco do mês (l/s)	Extensão da rede coletora de esgoto (Km)	Taxa de infiltração (l/s.km)
25/05/2021	0	3,76	3,67	4,55	0,02
11/06/2021	0	3,30	3,12	4,55	0,04
02/07/2021	0	3,09	2,88	4,55	0,05
30/07/2021	0	3,39	2,88	4,55	0,11
16/11/2021	0	3,23	2,89	4,55	0,07
22/11/2021	0	3,43	2,89	4,55	0,12
MÉDIAS	**0**	**3,37**	**3,06**	**4,55**	**0,07**

Fonte: Autoral (2023)

Assim, à taxa de infiltração média na área de estudo foi de 0,07 l/s.km. Sendo que, para fins de dimensionamento para a área de estudo o valor adotado em projeto foi 0,2 l/s.km. Além disso, a NBR 9649 (ABNT,1986) admite valores entre 0,05 e 1,0 l/s.km, com devida justificação do valor utilizado.

3.6.2 Análise dos Influxos

Devido à variabilidade dos eventos chuvosos, para avaliar o aumento da vazão na rede coletora, foram definidas faixas de precipitação horária para comparar às leituras de vazão em dias de tempo seco e em dias chuvosos.

O influxo máximo foi dado pela diferença entre a vazão de pico do dia chuvoso (Q pico do dia chuvoso) e à vazão no mesmo horário do dia anterior à chuva (Q mesmo horário do dia anterior a chuva). E o aumento da vazão, deu-se pela razão entre o influxo máximo e vazão no mesmo horário do dia anterior à chuva. Os dados obtidos estão apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 – Influxos diretos em determinados dias de chuva da sub-bacia 4-A1

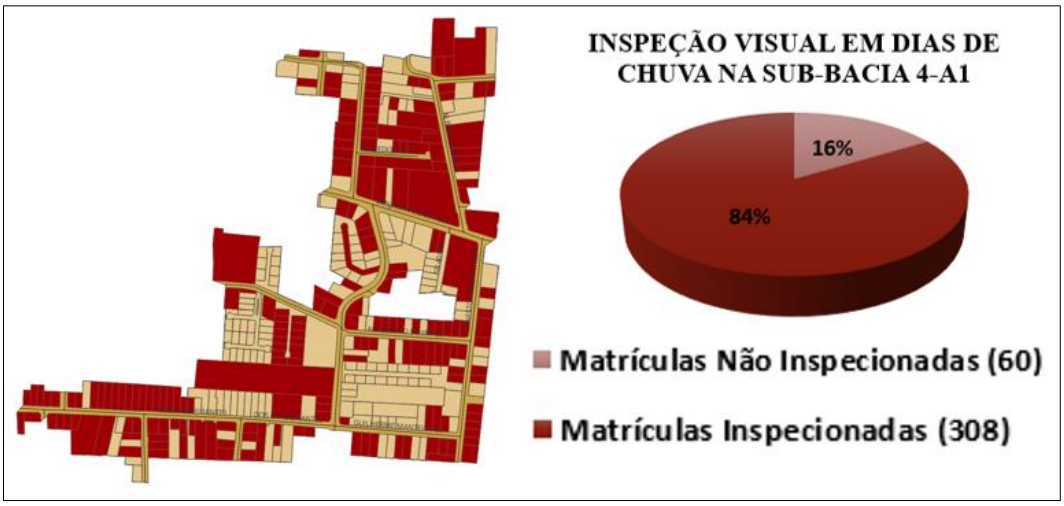
INFLUXO DIRETO - SUB BACIA 4 - A1									
Faixa de precipitação (mm/h)	Extensão da rede coletora (Km)	Data dia seco	Data dia chuvoso	Pluviometria acumulada no dia (mm)	Horário de pico de vazão	Q pico do dia chuvoso (l/s)	Q mesmo horário do dia anterior à chuva (l/s)	Influxo máximo (l/s)	Aumento de Vazão (%)
~ 5	4,55	08/05/2021	10/05/2021	4,21	19:24:00	6,79	5,19	1,60	**31**
	4,55	17/06/2021	18/06/2021	3,70	00:00:00	6,63	2,68	3,95	**147**
	4,55	06/08/2021	07/08/2021	4,52	14:08:00	6,58	4,79	1,79	**37**
~ 10	4,55	29/05/2021	30/05/2021	10,35	07:14:00	11,54	2,19	9,35	**427**
	4,55	02/10/2021	04/10/2021	9,12	11:14:00	13,02	4,65	8,37	**180**
	4,55	22/11/2021	23/11/2021	8,31	16:30:00	16,06	4,97	11,09	**223**
15-20	4,55	27/09/2021	28/09/2021	15,57	21:58:00	4,64	0,86	3,78	**440**
20-30	4,55	27/08/2021	28/08/2021	22,03	08:56:00	14,59	2,09	12,50	**598**
35-50	4,55	03/01/2022	04/01/2022	34,00	14:05:00	22,25	0,58	21,67	**3736**
	4,55	03/02/2022	04/02/2022	31,74	19:00:00	12,46	0,37	12,09	**3268**
>50	4,55	26/01/2022	27/01/2022	66,64	17:40:00	23,04	0,67	22,37	**3339**

Fonte: Autoral (2023)

3.7 Inspeção visual de caixas de inspeção em dias de chuva

Durante os meses de março até agosto de 2022, realizou-se inspeções visuais nas caixas de inspeção de esgoto das matrículas na sub-bacia 4-A1. Das 368 matrículas pertencentes a região de estudo, foi possível realizar inspeções visuais em apenas 308 matrículas (84% das matrículas região). Nas 60 matrículas restantes (16% das matrículas região), não foi possível a execução das inspeções visuais por alguns motivos, como por exemplo: a não localização ou inexistência da caixa de inspeção no imóvel, o difícil acesso à caixa de inspeção, imóvel não conectado à rede coletora de esgoto, caixa de inspeção afogada ou obstruída. A Figura 10, ilustra a representatividade das inspeções visuais realizadas na região.

Figura 10 – Inspeções visuais em dias de chuva na sub-bacia 4-A1.



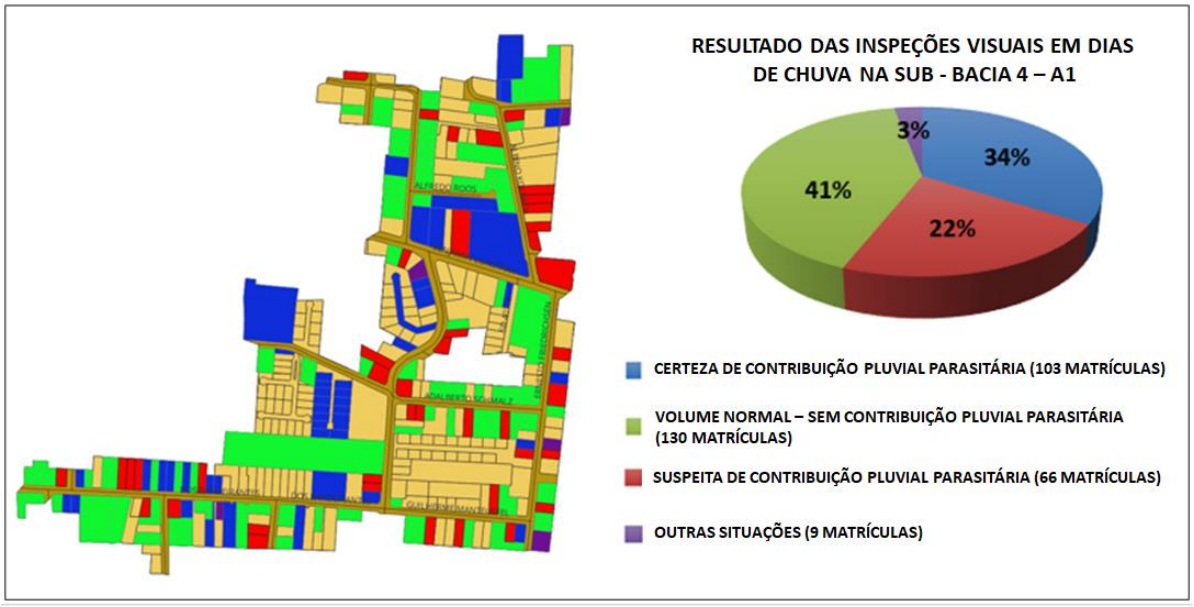
Fonte: Autoral (2023)

Das 308 matrículas inspecionadas, constatou-se que 41% das matrículas estavam com o fluxo de esgoto na caixa de inspeção com volume normal, ou seja, sem a presença de contribuição pluvial parasitária. Além disso, 22% das matrículas foram classificadas com suspeita de contribuição pluvial parasitária, ou seja, o fluxo de esgoto na caixa de inspeção não estava nem muito elevado e nem tão baixo como deveria estar em eventos com chuva.

Ademais, em 34% das matrículas, verificou-se que fluxo de esgoto na caixa de inspeção estava constante, em grandes proporções e limpo, caracterizando dessa forma, certeza da presença de contribuição pluvial no imóvel.

Por fim, em 3% das matrículas não foi possível a classificação adequada, pois foram identificadas situações que impossibilitassem a visualização do fluxo de esgoto, como por exemplo, a obstrução da caixa de inspeção. A Figura 11 mostra os resultados das inspeções visuais realizadas na região:

Figura 11 – Resultado das inspeções visuais em dias de chuva na sub-bacia 4-A1.



Fonte: Autoral (2023)

4. CONCLUSÕES

Com os dados obtidos no estudo, foi possível estimar à vazão de chegada de esgoto da estação elevatória de esgoto Guilherme Manteuffel e observou-se um aumento das vazões de esgoto sanitário bombeadas nos dias com picos de chuva em diferentes faixas de precipitação.

Calculou-se uma taxa de infiltração de 0,07 l/s.km para sub-bacia 4-A1. Sendo assim, constatou-se que o valor calculado estava dentro dos padrões, ou seja, coerente com o valor adotado em projeto para a área de estudo (0,2 l/s.km) e o valor normativo segundo NBR 9649/1986, que admite valores entre 0,05 e 1,0 l/s.km. Dessa forma, pode-se concluir que à região não possui defeitos significativos de estanqueidade nas tubulações, peças e acessórios do sistema de esgotamento sanitário.

Por meio dos cálculos de influxo direto no sistema de esgotamento sanitário da sub-bacia 4-A1, pode-se perceber que conforme às faixas de precipitação aumentam, a porcentagem do aumento da vazão aumenta proporcionalmente. Os dados obtidos demonstraram que a partir de uma precipitação de 10mm, à vazão sofre interferência acima de 100% de aumento na vazão de esgoto. Além disso, entre 15 à 20mm de precipitação esse aumento se encontra acima de 400%, entre 20 e 30mm o aumento se encontra acima de 500% e nas faixas acima de 35mm de precipitação à porcentagem de aumento na vazão é superior à 3000%. Evidenciando, portanto, a grande presença das ligações clandestinas da rede pluvial conectadas na rede de esgoto.

Além disso, verificou-se na prática que 34% das matrículas da região em estudo estavam com ligações irregulares e 22% com suspeita de ligações irregulares. Dessa forma, 56% das matrículas analisadas na sub-bacia 4-A1 precisam ser fiscalizadas e orientadas a corrigir à ligação irregular.

Portanto, os resultados apresentados, permitiram evidenciar tanto em cálculos teóricos quanto na inspeção visual prática, o aumento significativo da vazão de esgoto sanitário que chega na elevatória Guilherme Manteuffel em dias de chuvas, comprovando dessa forma, a real presença da contribuição de águas pluviais parasitárias no sistema de esgotamento da sub-bacia 4-A1 no município de Joinville.

Desse modo, os resultados obtidos sugerem que o sistema de esgotamento sanitário desta região, perde sua característica de separador absoluto cujo mesmo foi projetado para ser, haja vista que em precipitações acima de 35mm, temos um aumento maior que 3000% de infiltração pluvial, que por sua vez, colabora com o aumento dos custos operacionais, aumenta a insatisfação dos clientes, além de provocar extravasamentos de esgoto para o meio ambiente.

Por fim, para amenizar este grande problema, é de suma importância que os sistemas prediais de esgotamento sanitário “SPES” e os sistemas prediais de águas pluviais “SPAP” sejam executados e dimensionados de acordo com suas respectivas normativas: NBR 8160 (ABNT,1999) Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução e a NBR 10844 (ABNT,1989) Instalações prediais de águas pluviais. Dessa forma, com cada sistema executado e dimensionado de forma correta e independente conforme o sistema de coleta separador total absoluto, às contribuições pluviais parasitárias seriam reduzidas de forma significativa.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com a parceria da Companhia Águas de Joinville, concessionária responsável pelo atendimento de saneamento básico da cidade de Joinville-SC.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648. **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648. **Instalações prediais de águas pluviais** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9649. **Projeto de Redes Coletoras de Esgoto** – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648. **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

BERTOLINO, Murilo. **Avaliação das contribuições de água de chuva provenientes de ligações domiciliares em sistema de esgotamento sanitário separador absoluto.** 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial., Centro Tecnológico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Companhia Águas de Joinville. **Plano de combate às infiltrações pluviais na rede coletora de esgoto.** 2019. 44 f. Coordenação de Coleta e Transporte de Esgoto - Cct, Gerência de Esgoto - Ges, Joinville, 2022.

METCALF & EDDY Inc. (1991). Wastewater Engineering: treatement, disposal and reuse. 3ª ed., McGraw-Hill International Editions, 1334p.