



ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DA MANUTENÇÃO DA REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM UMA CIDADE DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

José Floro de Arruda Neto, UFPE, floro.arruda@ufpe.br
Amanda Maria Albuquerque de Aguiar, UFPE, amanda.aguiar@ufpe.br
Gustavo José de Araújo Aguiar, gustavo.aguiar@ufpe.br
Erasmó José Gonçalves dos Santos Júnior, UFPE, erasmo.josej@ufpe.br
Alessandro Romário Echevarria Antunes, UFPE, alessandro.antunes@ufpe.br
Gilson Lima da Silva, UFPE, gilson.lsilva@ufpe.br

Resumo

O saneamento ambiental é fundamental para a qualidade de vida das populações e garantia do equilíbrio ambiental. A sustentabilidade aponta para o desenvolvimento em três pilares, social, econômico e ambiental, os investimentos em ações de saneamento são determinantes para um desenvolvimento sustentável. Observa-se que no Brasil os níveis de saneamento ambiental, em especial do esgotamento sanitário são insuficientes para suprir o desenvolvimento sustentável. Além da insuficiência das redes, a utilização inadequada destas potencializa os problemas sanitários pela sobrecarga em condutos que foram planejados apenas para transporte de efluentes de esgoto. O presente trabalho teve como objetivo verificar a correlação entre os índices pluviométricos e a demanda de manutenção da rede de esgotamento sanitário no Município de Caruaru-PE. Através do método estatístico ANOVA e da correlação de Pearson, foi possível observar que o índice de serviços se modifica de acordo com os índices de precipitação mensal média apontando forte ligação entre causa e efeito.

Palavras-chave: Precipitação, Correlação de Pearson, Método ANOVA, Redes de Esgotamento Sanitário.

1. Introdução

O crescimento populacional, aliado a busca por melhores condições de vida, acarretou no aumento do processo de urbanização em todo o mundo. Tal situação leva as áreas em desenvolvimento a necessidade de investimentos em suas estruturas urbanas, sendo a falta desta o motivo de diversas patologias encontradas nas cidades, principalmente em países em desenvolvimento (CARVALHO, CARVALHO & CASTRO, 2022).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

O Brasil, em especial no último século, passou por processos intensos de migração populacional e industrialização fazendo surgir regiões com grandes índices de concentração populacional, a exemplo da cidade de São Paulo. Em menor escala esse fenômeno ocorreu em diversas regiões, inclusive no Nordeste, criando os centros urbanos atuais (FIX & ARANTES, 2022).

Um importante argumento a ser analisado é que os processos de urbanização bem como as ações antrópicas, de modo geral, produzem diversos impactos ambientais necessitando ações de planejamento e mitigação. Estas ações devem ser lideradas pelo Poder Público com a participação direta das entidades civis organizadas e da população (UFC, 2013). Entre as principais intervenções para melhoria da qualidade de vida de uma população estão as ações ligadas ao saneamento ambiental, é possível mensurar o resultado destas atividades através do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), neste caso os centros urbanos que possuem maior IDH apresentam melhores condições sanitárias.

Para Kronemberger, Pereira & Freitas (2011) e Nugem et al. (2021) o conceito de Saneamento Ambiental deve ser compreendido como um conjunto de ações integradas para proteção e melhoria ambiental e humana, entre elas, a coleta e disposição de resíduos sólidos e efluentes, ocupação e disciplina do uso do solo, acesso ao abastecimento de água, controle de doenças e vetores e drenagem urbana (GUIMARÃES, JANNUZZI & MARTINO, 2005).

Outro importante conceito a ser compreendido é o de desenvolvimento sustentável. Para Alsawafi, Lemke & Yang (2021), a sustentabilidade ocorre quando o desenvolvimento ocorre em três pilares, intimamente ligados: a sociedade, a economia e o meio ambiente, conforme proposto por John Elkington em 1994. Este modelo de desenvolvimento é conhecido mundialmente como Triple Bottom Line, ou Tripé da Sustentabilidade (LIMA, SELEME & CLETO, 2022).

A nível mundial utiliza-se a Agenda 2030, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU), para nortear as ações de desenvolvimento (MCARTHUR & RASMUSSEN, 2018). No documento encontram-se os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre eles: Vida Saudável (ODS-3), Água e Saneamento (ODS-6), Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS-11), Combate às Alterações Climáticas (ODS-13) e Vida na Água (ODS-14), os quais conduzem este trabalho.

As engenharias utilizam diversas ferramentas para auxiliar no planejamento de suas atividades, sendo a estatística uma das ferramentas fundamentais. Em relação às ações de saneamento, em especial as ações de esgotamento sanitário e drenagem, utiliza-se a hidrologia estatística para a obtenção e tratamento de dados históricos (ALENCAR, 2022).

A legislação brasileira define o sistema de esgotamento sanitário como separador absoluto, ou seja, o efluente de esgoto doméstico e industrial é conduzido separadamente. Os efluentes sanitários devem ser conduzidos por condutos, geralmente artificiais, até as estações de tratamento de esgoto (ETE) e após tratados reinseridos no ambiente. O sistema de drenagem pluvial é composto por condutos naturais e artificiais com o objetivo de reduzir o impacto das



precipitações, entre eles as enchentes, que conduzem os efluentes até os corpos receptores (BRASIL, 2019).

Embora o modelo definido, na prática, o sistema de esgotamento brasileiro apresenta características de separador parcial, visto a inserção de efluentes pluviométricos de forma irregular. No período de chuvas as ETE evidenciam o impacto causado pelo aumento do volume de efluentes e o aumento de sólidos arrastados (TSUTIYA & SOBRINHO, 2011; PIRES, 2018; ROSSO et al., 2011). Para Arruda Neto et al. (2022), as contribuições irregulares das águas de chuva à rede de esgotamento sanitário aumentam a demanda por manutenção destas redes, impactando diretamente no orçamento dos municípios.

A vasão parasitária é aquela caracterizada pelo lançamento acidental ou clandestino de efluentes pluviométricos na rede de esgotamento sanitário. Entre as causas observadas na literatura para estes lançamentos Dias e Rosso (2011), destacam a falta de fiscalização de obras de implantação e operação das redes; falhas de estanqueidade dos sistemas; ligações irregulares; e fatores socioculturais dos usuários.

Tendo em vista a insuficiência de esgotamento sanitário no Brasil, em especial em regiões com menor IDH, e o claro impacto causado pelas contribuições parasitárias às redes existentes, este trabalho tem como motivação aferir a correlação entre as precipitações pluviométricas e a manutenção da rede de esgotamento sanitário na Cidade de Caruaru-PE, encontrada por Arruda Neto et al. (2022).

Desta forma o presente estudo pretende aferir a correlação entre precipitações pluviométricas e manutenção da rede de esgotamento sanitário na Cidade de Caruaru-PE.

2. Fundamentação teórica

2.1. Saneamento básico no Brasil

Os índices atuais são claros quanto ao déficit no que diz respeito ao fornecimento dos serviços de água e esgotamento sanitário no país. Segundo os dados mais recentes (2021), mais de 33 milhões de brasileiros não possuem acesso à água potável e quase 100 milhões de pessoas não possuem coleta e tratamento de esgoto (TRATA BRASIL, 2023).

Além dos efeitos na saúde pública, a introdução do saneamento básico pode igualmente trazer benefícios de natureza social e médica. Isso se deve ao fato de que um sistema de saneamento adequado tem o potencial de reduzir os custos no sistema de saúde, graças à diminuição das taxas de doenças. Entretanto, é importante salientar que essa situação pode variar substancialmente de uma região para outra, levando em consideração fatores como o clima, níveis de educação e a disponibilidade de serviços de saúde para os residentes. Vale ressaltar que esses fatores estão intrinsecamente relacionados às políticas públicas responsáveis pela administração do saneamento básico na região (SILVA, 2018).



2.2. Drenagem e gerenciamento de águas pluviais em áreas urbanas brasileiras

A urbanização desencadeia mudanças substanciais na paisagem e no funcionamento das cidades, envolvendo o aumento da densidade demográfica, a expansão da impermeabilização de áreas extensas, a canalização de corpos d'água e diversas alterações no sistema hídrico. Essas transformações levam a um aceleração no escoamento da água da chuva, culminando na intensificação de eventos de inundação, na antecipação dos picos de fluxo, na ocorrência de enchentes e no aumento da vazão máxima dos rios (BONFIM, 2023).

Para evitar tais desafios, é essencial dispor de um sistema de drenagem eficaz. A Lei Federal nº 14.026/2020 estabelece a definição de drenagem e gestão das águas pluviais urbanas como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais relacionadas ao controle de águas pluviais. Isso engloba o transporte, a detenção ou retenção visando à redução das vazões durante eventos de enchentes, o tratamento adequado e a disposição das águas pluviais drenadas, juntamente com medidas de limpeza e fiscalização preventiva das redes (BRASIL, 2020).

3. Metodologia

3.1. Caracterização da área de estudo

O local de desenvolvimento do estudo foi o município de Caruaru, localizado no estado de Pernambuco, situado na Mesorregião do Agreste e Microrregião do Vale do Ipojuca, a cerca de 130 km da capital, com área de 923,15 km², situado na parte oriental do Brasil na região Nordeste. Possui população total estimada em 365.278 habitantes (IBGE, 2020), destes cerca de 89% residem em área Urbana (IBGE, 2017). A divisão política do município define cinco regiões geográficas sendo elas: Caruaru Sede compreendendo o centro da cidade, bairros e loteamentos urbanos, e quatro distritos rurais.

O município de Caruaru faz divisa ao Norte com os municípios de Toritama, Vertentes e Taquaritinga do Norte, ao Sul com Altinho e Agrestina, ao Leste com Bezerros, Frei Miguelinho e Riacho das Almas e a Oeste com São Caetano e Madre de Deus, apresentando como principais rodovias de ligação a BR 232, BR 104, PE 095 e PE 145 (IBGE, 2017).

Em relação ao clima o município apresenta prevalência do clima semiárido do Brasil, na localidade a irregularidade das chuvas é bastante intensa sendo a precipitação anual média acumulada 551 mm, e cerca de 30% das chuvas são de grande intensidade. A temperatura média



anual do município é de 22,7°C, tendo como vegetação predominante à caatinga e traços de Mata Atlântica situada em brejo de altitude (IBGE, 2010). A taxa de evapotranspiração é superior às taxas de precipitação, sendo os meses de agosto a dezembro considerados críticos, quanto ao déficit hídrico (SANTOS et al., 2013; ARRUDA NETO et al., 2019; ARRUDA NETO et al., 2021).

O município de Caruaru encontra-se inserido nos domínios das Bacias Hidrográficas do Rio Ipojuca, e parcialmente inserido na bacia do Rio Capibaribe, onde sua porção urbana é banhada pelo rio Ipojuca e seus afluentes, que apresentam característica de vazão intermitente, quanto à bacia do Capibaribe compreende região limítrofe com o município de Toritama (PEREIRA, 2016).

A partir dos estudos de Arruda Neto et al. (2019), é possível identificar na Figura 1 um maior índice de chuvas nos primeiros meses do ano, enquanto que o período de setembro a dezembro apresenta acentuado déficit hídrico.

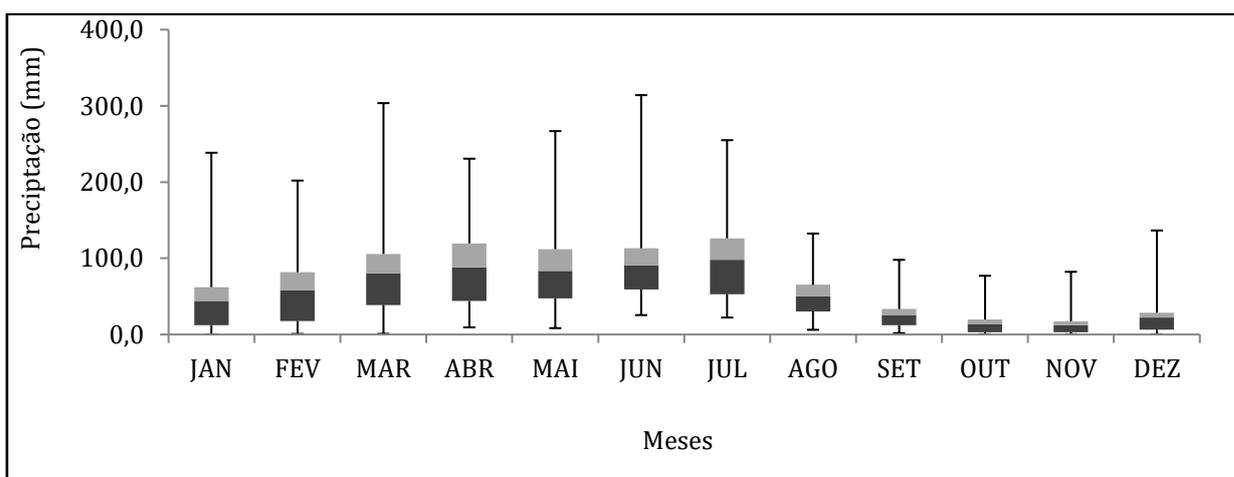


Figura 1. Precipitações Médias Mensais (1965-2015), adaptado de Arruda Neto *et al* (2022).

3.2. Dados de referência



No estudo Arruda Neto *et al.* (2022), os autores utilizaram dados de precipitação pluviométrica do município de Caruaru entre os anos de 1965-2020, realizaram a correção das falhas e definiram as precipitações médias mensais para a localidade conforme Tabela 1.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
(mm)	44,2	58,1	80,7	87,9	83,3	90,9	98,1	50,0	25,5	13,8	12,3	22,2
Total	667,02											

Tabela 1. Precipitações médias mensais históricas (1965-2020). Adaptado de Arruda Neto *et al.* (2022).

Também foram coletados pelos autores os dados referentes aos serviços de manutenção realizados pela Secretaria de Infraestrutura e Obras de Caruaru (SIURB) entre os anos de 2018-2020. No estudo destacou-se a desobstrução da rede, justificada pelo arrasto de material sólido no período chuvoso para a rede de esgotamento, conforme Tabela 2.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2018	1169,5	797	1254,6	1249,5	1296,3	1292	1129,5	539	528	482	519	534
2019	1160	1014	1857	1295	1198	1164	1002	561	470	526	329	447
2020	1386	999	1070	1071	957	1192	954	0	921	567	464	454

Tabela 2. Desobstrução de tubulação de esgotamento sanitário (m). Adaptado de Arruda Neto *et al.* (2022).

Os autores descrevem que os maiores índices de desobstrução ocorreram em



março de 2019 (1857 m), superior à média mensal de 884,67 m, conforme observado na Tabela 3.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1238,50	936,67	1393,87	1205,17	1150,43	1216,00	1028,50	366,67	639,67	525,00	437,33	478,33

Tabela 3. Média de desobstrução mensal (m/mês) (2018-2020). Fonte: Adaptado de Arruda Neto *et al.* (2022).

Segundo o descrito pelos autores, o crescimento da demanda no mês de março atribui-se ao início do período onde as médias mensais de precipitação são superiores a 80mm. Para os autores o início das chuvas fortes possivelmente eleva os problemas de obstrução conforme descrito anteriormente e apresentados na Figura 2.

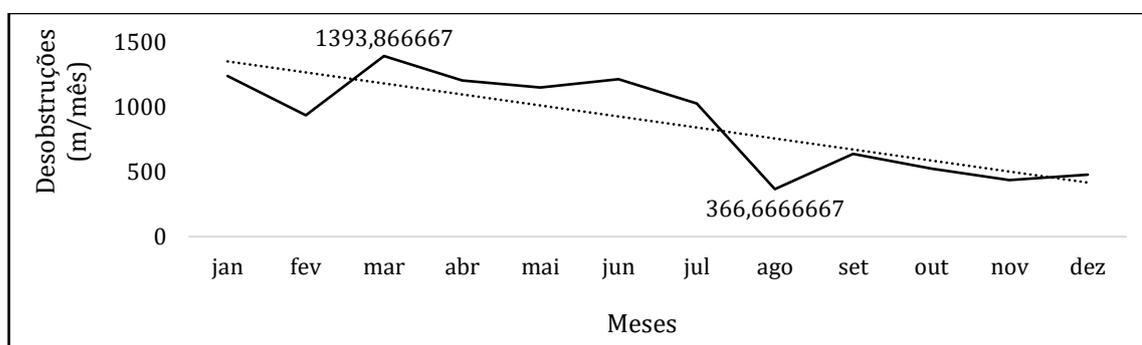


Figura 2. Média de desobstrução mensal (m/mês) (2018-2020). Adaptado de Arruda Neto *et al.* (2022).

Por fim os autores utilizaram o método de correlação de Pearson (r), para investigação da existência de correlação entre causa e efeito. Destaca-se que em agosto de 2020 não foram



realizados serviços de manutenção na rede por mudanças contratuais de licitação, o que segundo os autores pode ter reduzido a correlação em 2020. As correlações encontradas no estudo foram realizadas através do software Microsoft Excel 2013 e apresentam-se na Tabela 4.

Ano	Coefficiente de correlação (r)
2018	0,875659797
2019	0,785315245
2020	0,51722516
2018-2020	0,719095148

Tabela 4. Correlação de Pearson (r) entre as precipitações médias mensais e os serviços de desobstrução. Adaptado de Arruda Neto *et al.* (2022).

3.3. Método ANOVA

Inicialmente foram testadas as correlações apresentadas pelos autores utilizando-se o Software *Past* versão 3 onde foram confirmadas as correlações apresentadas pelos autores.

Com o auxílio dos softwares Excel e Past, foi realizada a análise de variância para um fator (ANOVA), onde foram testadas as duas hipóteses possíveis em três cenários distintos.

As duas hipóteses são:

- A Hipótese Nula (H_0) – em que todas as médias obtidas do conjunto de dados estudado não possuem variação estatisticamente significativa.
- A Hipótese Alternativa (H_1) - em que no mínimo uma das médias é significativamente diferente das outras.

Os três cenários são:

1. A variação das médias do número dos serviços de desobstrução da rede coletora entre os anos de 2018, 2019 e 2020, com dados mensais.



2. A variação das médias do número dos serviços de desobstrução da rede coletora entre o mês mais chuvoso, o mês menos chuvoso e o mês com volume de precipitação mais próximo da mediana, com dados para esses meses entre os anos de 2018 e 2020.
3. A variação das médias do número dos serviços de desobstrução da rede coletora entre os 12 meses do ano, com dados para esses meses entre os anos de 2018 e 2020.

A Análise de Variância é um método de análise estatística que consiste em comparar médias de um mesmo processo aplicado a diferentes tratamentos e indicar uma diferença significativa entre elas, se existir.

Em particular, a ANOVA testa se várias populações têm a mesma média, comparando o afastamento entre as médias amostrais com a variação existente dentro das amostras. Os dados amostrais são separados em grupos segundo um fator (índice pluviométrico) e, inicialmente, são adotadas como possíveis duas hipóteses: a hipótese nula e a hipótese alternativa. A hipótese nula admite que as médias dos grupos são estatisticamente iguais e não sofreram influência do fator. Já a hipótese alternativa, afirma que nem todas as médias dos grupos são iguais, ou seja, existe pelo menos um grupo de média diferente das demais e que existe influência do fator.

Para a análise dos dados pelo método ANOVA, deve-se inicialmente calcular a contagem de dados, a soma dos valores, a média e a variância das amostras. No presente cálculo foi adotada uma significância $\alpha = 5\%$.

4. Resultados

Como resultados da aplicação foram observados os indicadores dos 3 cenários conforme apresentado nas Tabelas 5,6 e 7.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
DESOBSTRUÇÃO 2018	12	10790.4	899.2	128823.36
DESOBSTRUÇÃO 2019	12	11023	918.58333	208016.08
DESOBSTRUÇÃO 2020	12	10035	836.25	150649.11



Tabela 5 - Tratamento inicial dos dados para o CENÁRIO 1

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
DESOBSTRUÇÃO - FEV	3	2810	936.66667	14686.333
DESOBSTRUÇÃO - ABR	3	3615.5	1205.1667	14018.083
DESOBSTRUÇÃO - OUT	3	1575	525	1807

Tabela 6 - Tratamento inicial dos dados para o CENÁRIO 2.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
JAN	3	3715.5	1238.5	16339.75
FEV	3	2810	936.66667	14686.333
MAR	3	4181.6	1393.8667	169388.65
ABR	3	3615.5	1205.1667	14018.083
MAI	3	3451.3	1150.4333	30478.063
JUN	3	3648	1216	4528
JUL	3	3085.5	1028.5	8226.75
AGO	3	1100	366.66667	100954.33
SET	3	1919	639.66667	60202.333
OUT	3	1575	525	1807
NOV	3	1312	437.33333	9558.3333
DEZ	3	1435	478.33333	2336.3333

Tabela 7 - Tratamento inicial dos dados para o CENÁRIO 3.

Uma vez encontrados os dados para contagem, soma e as medidas de dispersão e tendência central, aplica-se então a ANOVA, com uma análise mais precisa dos dados, cujos resultados são dados nas tabelas 8, 9 e 10, para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Sendo esses dados, o somatório dos quadrados, o grau de liberdade, o quadrado médio e o fator F que deve ser comparado com o F crítico para ser obtida a resposta da análise, além do P-valor.

Se $F_{calculado} > F_{crítico}$, a hipótese H_0 é rejeitada e aceita-se a hipótese alternativa H_1 , onde verifica-se que com 95% de confiança, há diferença significativa entre pelo menos uma das populações.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	44468.78	2	22234.388	0.1368302	0.8726105	3.2849177
Dentro dos grupos	5362374	33	162496.18			
Total	5406843	35				

Tabela 8 - ANOVA (CENÁRIO 1) – DESOBSTRUÇÃO anos 2018, 2019 e 2020.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	704188.4	2	352094.19	34.619257	0.0005071	5.1432528
Dentro dos grupos	61022.83	6	10170.472			
Total	765211.2	8				

Tabela 9 - ANOVA (CENÁRIO 2) - DESOBSTRUÇÃO (MÊS MAIS CHUVOSO / INTERMEDIÁRIO / MENOS CHUVOSO)

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	4541794.9	11	412890.45	11.455285	4.687E-07	2.2163086
Dentro dos grupos	865047.93	24	36043.664			
Total	5406842.9	35				

Tabela 10 - ANOVA (CENÁRIO 3) - DESOBSTRUÇÃO MENSAL

Desta forma, observa-se que:

- Para o CENÁRIO 1:

Uma vez que $P\text{-valor}=0.872611 > 0.05$ e o F calculado $< F$ crítico: H_0 não é rejeitada, ou seja: Não é possível afirmar que há variação significativa entre os dados de desobstrução entre os anos observados.



- Para o CENÁRIO 2:

Uma vez que $P\text{-valor}=0.0005071 < 0.05$ e o F calculado $< F$ crítico: H_0 é rejeitada, ou seja: É possível afirmar que há variação significativa entre os dados de desobstrução entre os meses observados, neste caso ($p < 0.001$) com forte evidência.

- Para o CENÁRIO 3:

Uma vez que $P\text{-valor}=0.000000468 << 0.05$ e o F calculado $> F$ crítico: H_0 é rejeitada, ou seja: É possível afirmar que há variação significativa entre os dados de desobstrução entre os meses observados, neste caso ($p < 0.001$) com forte evidência.

Foram realizadas as correlações para os dados ano a ano e desta forma, observa-se que, tratando-se dos dados de desobstrução de determinado ano com os dados pluviométricos do ano em questão, o valor de correlação não se apresenta tão alto. Porém, quando este estudo é realizado sobre a média histórica, o valor torna-se mais elevado, o que pode nos levar a interpretar que por haver ciência do aumento das chuvas, as empresas tendem a aumentar o número de serviços nos períodos mais chuvosos historicamente.

Assim, podemos observar que o valor da correlação das médias históricas das duas variáveis é de $r = 0.784593077$, considerada alta segundo Watanabe et al. (2009 apud ARRUDA NETO et al., 2022). Ainda assim, o ano de 2020 apresentou a menor correlação histórica, que se atribui a um evento excepcional (a troca da empresa de manutenção e consequente inoperância do serviço no referido mês), o que impactou diretamente no cálculo do coeficiente de correlação de Pearson apresentado acima.

Visando encontrar uma situação mais próxima do cenário real, foi feita uma correção hipotética nos dados de desobstrução da rede para o mês de agosto de 2020 (evento excepcional) através das médias dos valores de anos anteriores, e nesse caso a correlação das médias históricas das duas variáveis é recalculada e sobe para $r = 0.821079421$, indicando um ainda mais



alto coeficiente de correlação de Pearson (r), reforçando o que foi encontrado nos estudos anteriores e nos métodos aqui apresentados.

5. Conclusões

Com o presente estudo foi possível observar que embora o sistema de esgotamento sanitário utilizado no município de Caruaru-PE, conforme legislação vigente, foi projetado e opera como separador absoluto, existe mudança de vazão no período chuvoso, evidenciado pela forte correlação entre a manutenção da rede e as médias mensais de precipitação. Por isso é possível inferir que a rede está sendo utilizada de forma irregular, situação que justifica o aumento da demanda nestes períodos.

Como sugestão para trabalhos futuros é bastante relevante inferir estatisticamente o número de residências que podem estar utilizando a rede de forma irregular agravando os problemas de saneamento no município.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Gestão Ambiental Avançada – GAMA da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Centro Acadêmico do Agreste – Caruaru – PE, por todo o apoio e incentivo para o desenvolvimento da pesquisa. A Pró-reitoria de Pós-graduação (PROPG), a CAPES e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo incentivo das pesquisas desenvolvidas pelos alunos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM).

7. Referências bibliográficas

ALENCAR, P. H. L. *“Escassez e abundância-entropia e estatística como ferramentas para hidrologia: uma ciência com distribuição irregular de dados e eventos”*, 2022.



ALSAWAFI, A.; LEMKE, F.; YANG, Y. “*The impacts of internal quality management relations on the triple bottom line: A dynamic capability perspective*”. International Journal of Production Economics Volume 232, 2021.

ARRUDA NETO, J. F.; DUARTE, A. D.; MEDEIROS, I. S.; AGUIAR, G. J. A.; SILVA, G. L. “*Adequação de telhados verdes extensivos para a cidade de Caruaru-PE baseada na média de precipitações chuvosas*”. Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade 3. 1ed.: Atena Editora, 2019, v. 1, p. 1-8.

ARRUDA NETO, J. F. D., MEDEIROS, I. D. S., AGUIAR, G. J. D. A., DUARTE, A. D., & SILVA, G. L. D. “*Avaliação dos impactos das precipitações pluviométricas na manutenção da rede de esgotamento sanitário no Município de Caruaru, Agreste de Pernambuco*”. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 9(21), 3-19. 2022.

BONFIM, M. T. G. “*Estado da arte da drenagem urbana no município de Goiânia-GO*”. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. “*Manual de saneamento*” / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 5.ed. Brasília: Funasa, 2019.

BRASIL, Decreto-Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. “*Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei 14.026, de 2020)*”. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm.

CARVALHO, A. C.; CARVALHO, D. F.; CASTRO, A. C. “*Análise sobre crescimento populacional e transição demográfica: limites e divergências*”. Conjecturas, v. 22, n. 2, p. 845-859, 2022.

DIAS, A. P.; ROSSO, T. C. A. “*Análise dos Elementos Atípicos do Sistema de Esgoto – Separador Absoluto – na Cidade do Rio de Janeiro*”. Engevista, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 177-192, 2011.



FIX, M.; ARANTES, P. F.. “São Paulo, cem anos de máquina de crescimento urbano”. Estudos Avançados, v. 36, p. 185-209, 2022.

GUIMARÃES, R. S.; JANNUZZI, J.; MARTINO, P. IDH. “Indicadores sintéticos e suas aplicações em políticas públicas. Uma análise crítica”. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR), v. 7, n. 1, p. 73-90, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em < <https://https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/caruaru/pesquisa/23/27652?detalhes=true>> Acesso em 02 de junho de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama municipal 2021. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/caruaru/panorama>> Acesso em 02 de junho de 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/caruaru/pesquisa/30/84366>> Acesso em 02 de junho de 2023.

KRONEMBERGER, D. M. P; PEREIRA, R. S; FREITAS, E. A. F. *Saneamento e Meio Ambiente* – Atlas de Saneamento. IBGE, 2011.

LIMA, F. P.; SELEME, R.; CLETO, M. G.; “Industria 4.0 e a sustentabilidade organizacional”. Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, 2022.

MCARTHUR, J. W., & RASMUSSEN, K. “Change of pace: Accelerations and advances during the Millennium Development Goal era”. World Development, v. 105, p. 132–143, 2018.

NUGEM, R. C; BORDIN, R; PEDROZZO, E. A; ROSA, R. S. “Abordagem Hidrossocial: uma Ponte entre o Saneamento Básico e o Saneamento Ambiental”. Cidades e Sustentabilidade: os desafios para conciliar equilíbrio ecológico e bem-estar social. Porto Alegre - RS: UERGS, 2021.

PEREIRA, J. P. O.; “Evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar na bacia do Rio Ipojuca” –Pernambuco, 2016.



PIRES, F. M. B. “*Sistema de esgotamento sanitário- Estudo de caso: Maré*”. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

ROSSO, T. C. A.; DIAS, A. P.; GIORDANO, G. “*Vulnerabilidade dos sistemas de esgotamento sanitário da cidade do Rio de Janeiro*”, RJ, Brasil– relato de um caso de estudo. Revista Recursos Hídricos, v. 32, p. 45-52, 2011.

SANTOS, S. T.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P., MOURA, G. S. S.; ANTONINO, A. C. D. (2013). “*Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial*”. Ambiente Construído, Porto Alegre – RS.

SILVA, M. B. M. “*A Ocorrência de Parasitoses Intestinais em alunos do ensino fundamental na zona rural rede Municipal de São Luís-Maranhão e sua relação com os hábitos alimentares*”. 2018. Tese de Doutorado.

TRATA BRASIL. (2023). “*Situação Saneamento no Brasil*”. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/avancos-do-novo-marco-legal-do-saneamento-basico-no-brasil-2023-snis-2021/>. Acesso em 23 out. 2023.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. “*Coleta e Transporte de Esgoto sanitário*”. 3. Ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. “*Atlas Brasileiro de desastres naturais de 1991 a 2012: volume Pernambuco*”. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.