

Índice de obstrução de rede coletora de esgoto para o município de Dourados/MS

Luana Araujo Amancio¹ , Vinícius de Oliveira Ribeiro^{1,2} , Jonailce Oliveira Diodato^{1,2} , Nelison Ferreira Corrêa³ 

1 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Rodovia Dourados-Itaum Km12, Caixa postal 351, CEP 79804-969, Dourados-MS.

2 Laboratório de Modelagem em Saneamento e Geotecnologias-LASANGE/UEMS, Rodovia Dourados-Itaum Km12, Caixa postal 351, CEP 79804-969, Dourados-MS.

3 Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais- PGTA, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/UFMS, Avenida Costa e Silva s/no, Bairro Universitário, CEP 79070-900, Campo Grande-MS.

*Autor para correspondência: vinicius.ribeiro@uems.br

Recebido em 10 de janeiro de 2022.

Aceito em 09 de setembro de 2022.

Publicado em 23 de setembro de 2022.

Resumo - Visando orientar estudos de viabilidade de operação desses sistemas, o objetivo deste trabalho foi desenvolver métodos para estimativa do Índice Anual de Obstrução da Rede Coletora (IAORC_{anual}), Índice Médio Mensal de Obstrução da Rede Coletora (IORC_{mensal}) e Índice Regional de Obstrução da Rede Coletora (IORC_{regional}) para o município de Dourados/MS. A obtenção destes foi através da correlação dos números de ordens de serviços prestados anualmente, com informações dos diâmetros da rede, das regiões de ocorrências de obstrução, dentre outros. Como resultado, os índices de obstrução por média mensal e anual, estratificados por diâmetros da rede, possibilitaram um diagnóstico geral do grau de recorrência dos eventos de obstrução no sistema de esgotamento, no ano em análise. Demonstraram também que, proporcionalmente, as redes em DN 100 mm apresentam maior frequência de obstrução. O índice regionalizado permitiu a descrição detalhada do sistema operacional da região, podendo ser utilizado como guia para ações de manutenção preventiva. A base de dados GIS estruturada, permite ampliar a visão de ferramentas de apoio à tomada de decisão. Por fim, destaca-se que a manutenção e adição de novos planos de informações ao banco de dados permitirá análises complexas, como os fatores de risco envolvidos em eventos de obstruções.

Palavras-chave: Esgoto sanitário. Diâmetro nominal. Índice de obstrução.

Sewage collection network obstruction index for Dourados/MS - Brazil

Abstract - The objective was to develop methods for estimating the Annual Obstruction Index of the Sewer Network (IAORC_{annual}), Average Monthly Obstruction Index (IORC_{monthly}), and Zone Obstruction Index (IORC_{zone}) to Dourados/MS - Brazil. They obtained correlated the numbers of service orders provided annually with the referring diameters and the regions of greatest blockages occurrences.

In this way, the obstruction rates by monthly and annual average, stratified by collector diameters, enabled a general diagnosis of the degree of recurrence of obstruction events in the sewage system in the analyzed year. They also demonstrated that networks with a nominal diameter of 100 mm present a proportionally higher frequency of clogging. The regionalized index allows a detailed description of the region's operational system and can be used as a guide for preventive maintenance actions. The structured GIS database also allows for broadening the picture for decision-support tools. Finally, it is emphasized that the maintenance and addition of new information plans to the database will enable complex analyses, such as the risk factors involved in obstruction events.

Keywords: Sanitary sewer. Nominal diameter. Sewer blockages index.

Índice de obstrucción de la red de alcantarillado del municipio de Dourados/MS - Brasil

Resumen - Con el fin de orientar los estudios de factibilidad para la operación de estos sistemas, el objetivo de este trabajo fue desarrollar métodos para estimar el Índice de Obstrucción de la Red de Recolección Anual ($IAORC_{\text{anual}}$), el Índice de Obstrucción de la Red de Recolección Promedio Mensual ($IORC_{\text{monthly}}$) y el Recopilador del Índice de Obstrucción de la Red Regional. ($IORC_{\text{regional}}$) de la ciudad de Dourados/MS - Brasil, correlacionó el número de órdenes de servicios prestados anualmente con los diámetros de referencia y las regiones con mayor ocurrencia de obstrucción. Como resultado, los índices de obstrucción medios mensuales y anuales, estratificados por diámetros de la red, permitieron un diagnóstico general del grado de recurrencia de los eventos de obstrucción en el sistema de alcantarillado, en el año analizado. Proporcionalmente, las redes en DN 100 mm presentan una mayor frecuencia de obstrucción. El índice regionalizado permite una descripción detallada del sistema operativo en la región y puede ser utilizado como guía para acciones de mantenimiento preventivo. Finalmente, destacaría que el mantenimiento y la incorporación de nuevos planes de información a la base de datos GIS permitirá realizar análisis complejos, como los factores de riesgo involucrados en los eventos de obstrucción.

Palabras clave: Alcantarillado. Diámetro nominal. Índice de obstrucción.

Introdução

O acesso ao esgotamento sanitário (coleta, transporte, afastamento e tratamento), assim como aos demais serviços de saneamento básico, é um direito humano essencial, fundamental e indispensável para uma vida digna (Broeder et al. 2017; Kamaruddin et al. 2016).

Entretanto, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil 2019), mais de 100 milhões de brasileiros não possuem acesso a serviços de coleta de esgoto no país. Em suma, mais da metade do esgoto sanitário brasileiro depende de soluções intradomiciliares, principalmente sob a forma de fossas sépticas e sumidouros, ou são lançadas irregularmente no solo, ou nos corpos hídricos sem qualquer forma de tratamento.

Os investimentos feitos na infraestrutura de implantação e manutenção dos sistemas de esgotamento sanitários (SES), mesmo apresentando dificuldade para o estabelecimento de equilíbrio econômico-financeiro, apresentam ganhos econômicos e sociais significativos, em especial nos setores da saúde, meio ambiente, educação, produtividade, turismo e valorização imobiliária (Pacheco 2015; Sachet e Bilotta 2019).

No Brasil, as redes coletoras de esgoto são dimensionadas para transportar apenas o esgoto doméstico, derivados dos banheiros, lavanderias e cozinhas (sistema de separador absoluto) (ABNT 1986). Contudo, na prática operacional dos SES pelo país, têm se constatado lançamentos de dejetos indevidos nas redes coletoras, como contribuição pluvial parasitária, materiais plásticos, entulhos de construção civil, óleos, graxaria e outros derivados. Tais dejetos acarretam sérios problemas operacionais na tubulação, alterando significativamente a capacidade de carga e estrutura física das tubulações (Lopes 2015; Carrera e La Motta 2020).

Por tal, acrescida as características físico-químicas e biológicas dos esgotos sanitários, os SES necessitam de manutenções corretivas e preventivas periodicamente, para corrigir e evitar as intercorrências em seu funcionamento, como, por exemplo, a obstrução das redes coletoras (entupimento) e extravasamentos (Tsutiya e Sobrinho 2011; Ribeiro e Peixoto 2018). Quanto mais frequente forem as ações corretivas, tanto mais serão dispendiosas as despesas financeiras operacionais, e, por consequência, os custos de todo o sistema acabará por ser repassado em forma tarifária ao usuário (Pessoa 2019).

A gestão das obstruções de rede coletora é assunto de grande relevância a todo o setor de saneamento (ABES 2018). Uma boa gestão reduz custo da manutenção do sistema o que propicia o aumento de investimentos no setor (Gonçalves *et al.* 2001; ANA 2017).

Os indicadores de desempenho apresentam-se como ferramentas de gestão que auxiliam os operadores dos serviços de saneamento básico a mensurar os resultados técnico-financeiros de setores e/ou da operação inteira de seus sistemas (Von Sperling *et al.* 2013; Pessoa 2019). Indicadores operacionais representativos permitem balizar ações de gestão e operação dos sistemas, otimizando o uso de recursos financeiros, materiais e de mão de obra, podendo incidir na redução das despesas operacionais (Gonçalves *et al.* 2001; Von Sperling *et al.* 2013).

Além da otimização de recursos empregados estrategicamente como medida preventiva, indicadores operacionais como o índice de obstrução de rede coletora (IORC), tornam possível o norteamiento de ações de manutenção preventiva e a educação ambiental em pontos identificados como críticos no SES, incidindo na redução dos eventos de obstrução e extravasamentos na rede coletora de esgoto (SABESP 2018).

O uso de sistemas de informação geográfica (SIG) para a espacialização, armazenamento e controle de dados técnico-operacionais dos sistemas possibilitam o conhecimento e a análise espacial do desempenho dos sistemas de saneamento básico (Santos e Pereira 2015; Ribeiro *et al.* 2018). A integração dos dados possibilita o cruzamento e avaliação dos sistemas, simulação de cenários e verificação de tendências, de forma a auxiliar na composição de diversos indicadores de desempenho, em especial os operacionais (Paranhos *et al.* 2021).

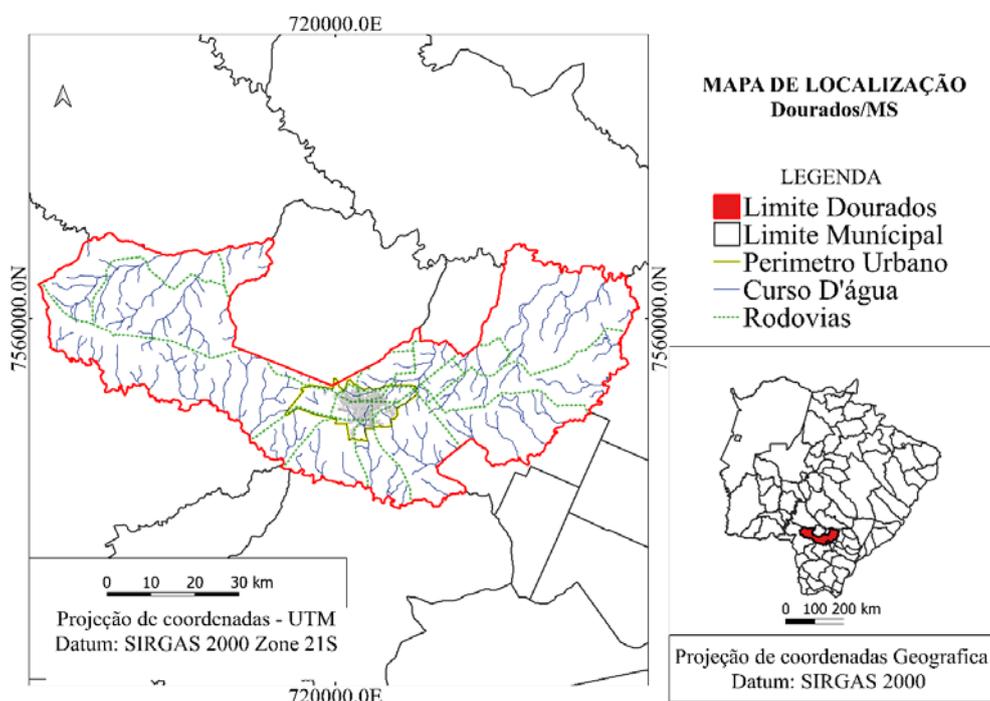
Ante o exposto, o presente trabalho se propôs a apresentar uma metodologia para a obtenção de índices de obstrução da rede coletora de esgoto, por média mensal, anual e regional de obstrução, para utilização como ferramenta de suporte à decisão em processos decisórios operacionais e gerenciais pertinentes ao sistema de esgotamento sanitário de Dourados/MS.

Material e Métodos

Área De Estudo

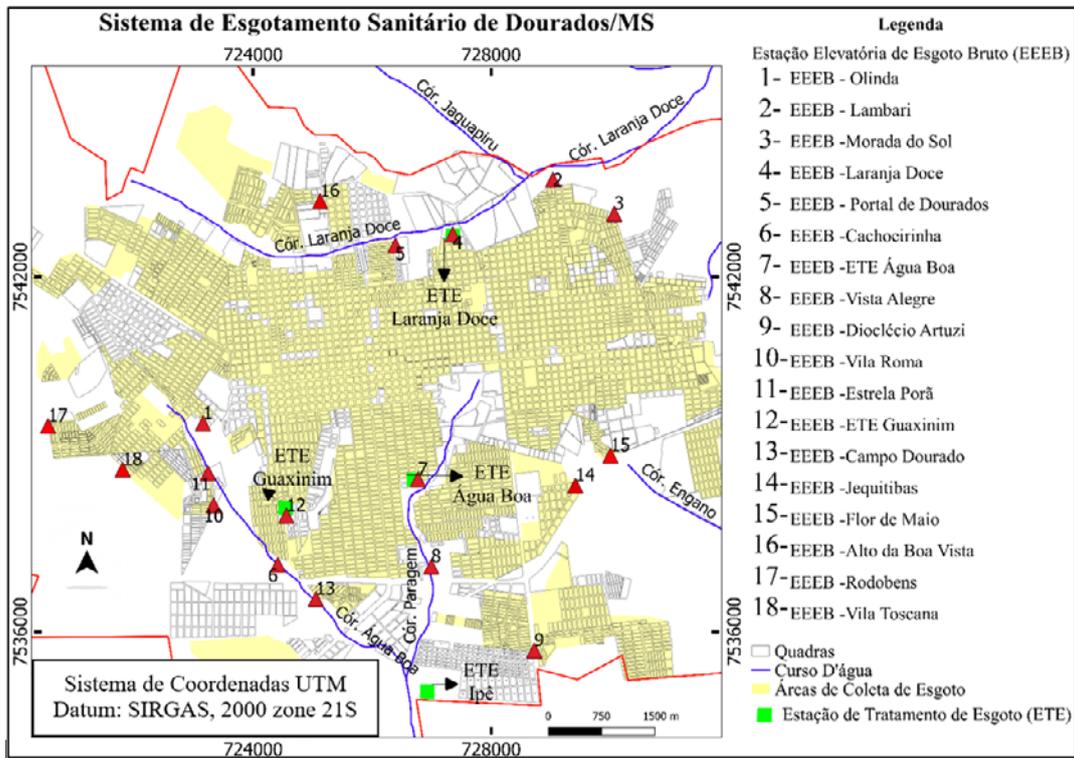
A análise foi desenvolvida para a cidade de Dourados/MS, situada na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1). O clima é do tipo Cwa, com base na classificação Köppen Geiger. A precipitação total no verão excede a precipitação mensal mais baixa (julho) em mais de dez vezes (Fietz e Fisch 2008). O relevo urbano de Dourados situa-se entre 375 e 475 metros acima do nível do mar, com três talwegues principais: Córrego Água Boa e seus afluentes (Córrego Rego d'Água e Paragem), Córrego Laranja Doce e Córrego Olho D'Água (SANESUL 2020). Apresenta uma área territorial aproximada de 4.062 km², com densidade demográfica de 47,97 hab/m² e a população urbana estimada em 2020 de 225.495 habitantes (IBGE 2020).

Figura 1. Localização e perímetro urbano de Dourados-MS.



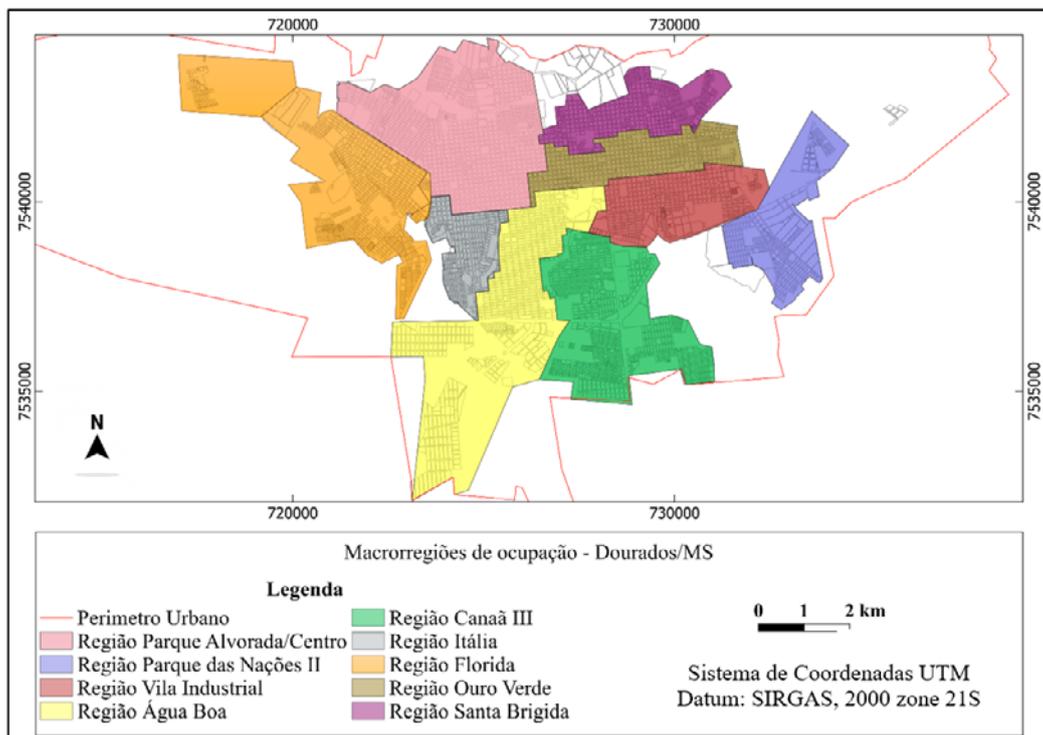
A concessionária presente no município é a Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL), que é responsável pelos sistemas de abastecimento de água e com a parceria pública e privada da MS Pantanal para o sistema de esgotamento sanitário. O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) da cidade conta com dezoito elevatórias de esgoto bruto (EEEB) e cinco Estação de Tratamento de esgoto, sendo quatro em operação (ETE Água Boa, Guaxinim, Harry Amorim Costa (Presídio) e Laranja Doce) e uma em operação parcial (ETE IPÊ) (SANESUL 2020) (Figura 2). O município possui cerca de 74% da sua população urbana atendida com rede coletora de esgoto (Brasil 2019).

Figura 2. Sistema de Esgotamento Sanitário de Dourados/MS.



Operacionalmente, Dourados é dividida por nove macrorregiões de ocupação: Parque das Nações II; Vila Industrial; Canaã III; Água Boa; Itália; Florida; Parque Alvorada/Centro; Ouro Verde; e Santa Brígida (Figura 3) (SANESUL, 2020).

Figura 3. Divisão das regiões operacionais de Dourados-MS.



Base de dados

Aquisição dos Dados

A base de quadras, redes de saneamento (água, esgoto e drenagem), arruamentos, cursos de água, perímetro urbano e limites municipais foram obtidos junto ao setor de geoprocessamento da prefeitura de Dourados/MS. O cadastro de rede coletora, coletores tronco, interceptores e emissários de esgoto existentes, no ano base de 2020, foi obtido junto à SANESUL.

Os serviços para manutenção das redes coletoras do município são demandas pela população à companhia de saneamento, através dos canais de atendimento ao cliente disponibilizados (telefone, internet e escritórios de atendimento ao público). Prioritariamente estão relacionados à serviços de extravasamento dos coletores por obstrução e tampões dos poços de visita danificados.

As demandas são registradas em ordens de serviço (OS). O registro das OS não são georreferenciado pela SANESUL. Concluída a manutenção, registra-se o endereço da ocorrência como sendo o endereço da economia mais próxima (nome da rua e número da casa). Por sua vez, como a base de clientes (economias) é georreferenciada no sistema da empresa, tornando possível o referenciamento indireto dos sinistros. Esse cadastro georreferenciado das OS, referente aos serviços de desobstrução de redes coletoras de esgoto no ano de 2020, foi obtido junto a companhia de saneamento.

Tratamento dos dados

Todos os geoprocessos foram realizados no software livre QGIS versão 3.16, 64 bits (QGIS.org, 2021). Inicialmente, para a composição da base de dados no sistema de informação geográfica (SIG), todos os dados foram convertidos para o Datum Sirgas 2000. Por base, utilizou-se as camadas de quadras, arruamentos, cadastro de rede coletora e o plano de informação com as ordens de serviço (OS) realizadas no ano de 2020 na área de estudo.

Informações conflitantes entre os diâmetros nominais (DN) de rede coletora constantes no cadastro da prefeitura e na base de dados da SANESUL foram dirimidas com aferições de campo, somente nos locais onde se concentravam maior adensamento das OS por extravasamento do coletor. Para tal, o parâmetro adotado para aferição de campo foi a ocorrência de mais de 5 (cinco) OS ao ano, no mesmo local.

Para melhor análise de dados, efetuou-se a junção do plano de informações de rede coletora com o de OS. Para tal, com uso do algoritmo de polígonos de Thiessen, determinou-se a área de influência de cada trecho de rede coletora. Na sequência, com auxílio da calculadora de campos, foi realizado a intersecção da camada de áreas de influência da rede com o shape de OS, resultando em um novo plano de informação que aglutina ambos os dados (OS e DN).

Índice de obstrução de rede coletora (IORC): O IORC é um dos índices utilizados pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) como critério de avaliação para o Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento (ABES, 2021). O índice contabiliza o número obstruções dos últimos 12 meses (N_{12}) dividido pela média da extensão de redes em km dos últimos 12 meses (\bar{L}_{12}). Seu objetivo principal é a mensuração do número de obstruções e conseqüentemente extravasamentos de esgotos.

$$IORC_{PNQS} = \frac{\bar{N}_{12}}{\bar{L}_{12}} \times 100 \quad (1)$$

Com vistas ao norteamento de informações que venham a subsidiar às ações/decisões dos operadores do sistema de esgotamento municipal, tendo por base os planos de informações obtidos e a realidade regional, efetuou-se a proposição de 3 indicadores operacionais de obstrução regionalizados para a área de estudo, tendo por base o índice proposto pelas ABES.

Índice médio mensal de obstrução da rede coletora ($IORC_{\text{mensal}}$): O Índice de obstrução mensal da rede coletora, calculado levando-se em consideração a expressão (2), onde: (\overline{OS}_n) = somatória mensal de ordens de serviço na rede coletora (unidades); L_n = extensão de rede coletora existente no mês (km).

$$IORC_{\text{mensal}} = \frac{\overline{OS}_n}{L_n} \times 100 \quad (2)$$

Índice anual de obstrução da rede coletora ($IORC_{\text{anual}}$): Índice Anual de obstrução da rede coletora ($IORC_{\text{anual}}$), calculado levando-se em consideração a expressão (3), onde: $\sum OS_n$ = somatória dos números de ordem de serviço mensal para rede de diâmetro n (unidades); L_n = média da extensão de redes em diâmetro n (km) no ano.

$$IORC_{\text{anual}} = \frac{\sum OS_n}{L_n} \times 100 \quad (3)$$

Índice regional de obstrução da rede coletora ($IORC_{\text{regional}}$): Índice Regional de obstrução da rede coletora para cada uma das macrorregiões da área de estudo ($IORC_{\text{região } x}$), calculado com base na expressão (4), onde: $\sum OS_{\text{região } x}$ = total anual de ordens de serviço região x (unidades); $L_{\text{região } x}$ = média da extensão de redes na região x (km) no ano.

$$IORC_{\text{Região } x} = \frac{\sum OS_{\text{região } x}}{L_{\text{região } x}} \times 100 \quad (4)$$

Resultados e Discussão

O total de ordens de serviço (OS) relacionadas a ocorrências de obstruções/extravasamento nas redes de esgotos, no período de 2020, foi de 1.745 (mil setecentos e quarenta e cinco). Após a intersecção das informações das camadas de cadastro de rede coletora, com o plano de informação das OS, foi possível efetuar a estratificação das ocorrências em função dos diferentes diâmetros de rede coletora (tabela 1). As redes em diâmetro nominal (DN) 150 aglutinam cerca de 77 % do total das OS. As redes de DN 100 apresentam 15%, já as de DN 200 cerca de 6% do total das ocorrências no ano.

Tabela 1. Dados Mensais de Obstrução da Rede Coletora de Esgoto no Ano de 2020.

Meses	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	350 mm	450 mm	500 mm	600 mm	Total mensal
Jan/20	31	113	4	1	1	0	0	0	0	150
Fev/20	13	98	15	0	2	0	0	0	0	128
Mar/20	20	128	14	2	3	0	0	0	0	167
Abr/20	14	72	0	0	3	0	0	0	0	89
Mai/20	23	129	10	2	3	0	0	0	0	167
Jun/20	15	84	4	0	1	0	0	0	0	104
Jul/20	17	93	4	0	1	0	0	0	0	115
Ago/20	21	114	12	1	1	0	0	0	0	149
Set/20	28	122	7	1	1	0	0	0	0	159
Out/20	24	94	3	0	1	0	0	0	0	122
Nov/20	24	89	16	0	1	0	0	0	0	130
Dez/20	33	207	18	4	2	1	0	0	0	265
Total Anual	263	1343	107	11	20	1	0	0	0	1745

Observa-se grande incremento no total de ordens de serviço (OS) no mês de dezembro, comparado aos meses anteriores. De janeiro a novembro, a média mensal de OS era de 135 ocorrências. Contudo, em dezembro, apresentou-se uma demanda de 265 OS no município. Fietz, Comunello e Flumignan (2020) apontam que a primeira quinzena do mês de dezembro/2020 concentrou a precipitação acumulada de 131 mm, aproximadamente 70% da média histórica mensal (178 mm).

Ribeiro e Peixoto (2018) demonstraram que o sistema de esgotamento sanitário (SES) do município sofre significativos incrementos de vazão quando a ocorrência de eventos pluviométricos. Fato que pode explicar o aumento dos episódios de extravasamentos registrados no mês.

A espacialização das informações no banco de dados geoespaciais, também possibilitou a extração da metragem de rede coletora, separada por diâmetro do coletor (tabela 2). Observa-se que o SES é composto majoritariamente por redes coletoras em DN 150 (87% dos coletores), seguido pelo DN 100 (7%), DN 200 (3%) e o restante dos demais diâmetros. O cadastro registra as redes como sendo de Policloreto de Vinila (PVC). Contudo, não há informações complementares detalhadas, para todos os trechos, como a data de implantação ou idade do coletor, cota dos poços de visita, sentido de fluxo etc.

Tabela 2. Extensão de rede coletora de esgoto por DN .

Diâmetro Nominal – DN (mm)	100	150	200	250	300	350	400	500	600
EXTENSÃO (km)	86,20	1.124,62	44,81	6,59	9,85	2,75	0,44	10,06	3,88

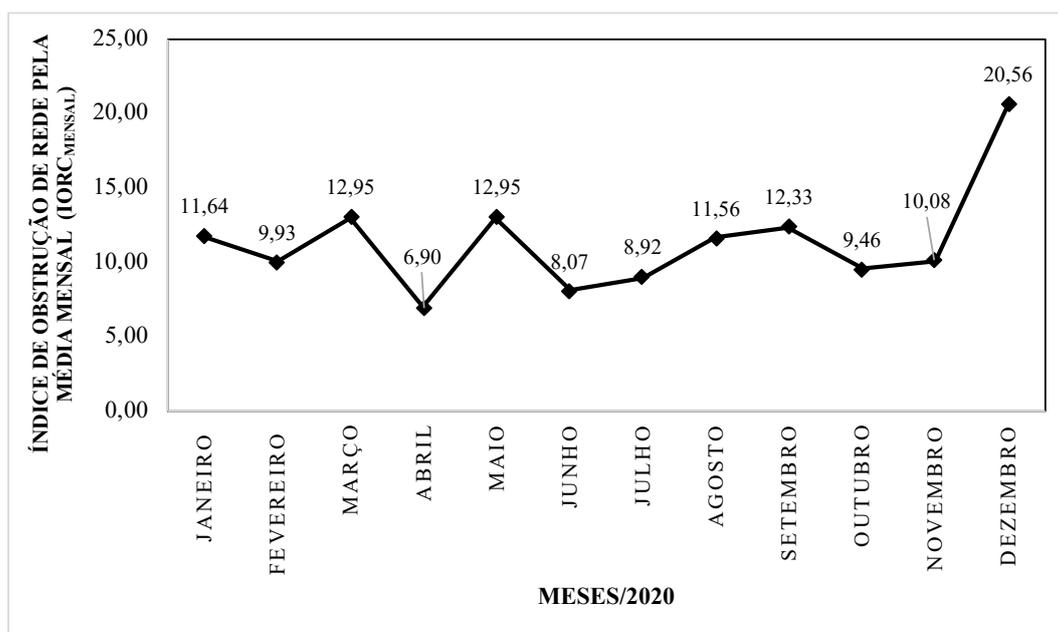
A informação de idade dos coletores é essencial para diversos processos decisórios como definição de manutenções corretivas/preventivas, reparo e substituição das tubulações (Silva 2015; Montes et al. 2020). Redes recém implantadas, por exemplo, sem grande número e economias a ela interligada, podem não possuir vazão suficiente para autolimpeza. Ao passo que, redes mais antigas (em média com mais de 10 anos) tendem a ter incrementada a rugosidade (aspereza) das paredes internas da tubulação, seja por abrasão, ou aderência de óleos e graxas (Montes et al. 2020). Ambos os cenários favorecem à ocorrência de obstruções (Tsutiya e Sobrinho 2011).

Todas as vezes que ocorre uma obstrução na rede coletora, o esgoto extravasa na rua e acaba por fluir pelas galerias de águas pluviais podendo atingir os corpos d'água, além de deixar a população ao redor do problema exposta a possível contaminação (ABES 2018).

Analisando o SES de Dourados, tendo por base o índice calculado conforme equacionamento utilizado para o PNQS ($IORC_{PNQS}$), para o ano base de 2020, encontramos o valor de 135, indicando alta ocorrência de eventos obstrutivos. Valor elevado se considerado comparativamente ao de países desenvolvidos como Portugal ($IORC$ de 30) e Reino Unido ($IORC$ de 22,5). Nacionalmente, por exemplo, o Polo de Manutenção da Vila Maria/SP, com população de cerca de 130.000 habitantes, operado pela Empresa de Saneamento do estado de São Paulo (SABESP), apresentou índice 45 no ano de 2015 (ABES 2018).

Calculado o Índice de Obstrução de rede coletora a partir da média mensal de OS ($IORC_{mensal}$) (Figura 4), é possível vislumbrar o comportamento mensal por serviços de desobstrução dos coletores do SES. Nos meses historicamente mais chuvosos os índices tendem a ser maiores que no período de seca. O $IORC_{mensal}$ pode ser empregado para o acompanhamento da efetividade das ações de manutenção preventivas no sistema.

Figura 4. Índice de Obstrução de Rede pela Média Mensal ($IORC_{mensal}$).



Calculado o Índice de Obstrução de rede coletora a partir da média anual de OS ($IORC_{anual}$), constantes da tabela 03, é possível vislumbrar que, proporcionalmente ao comprimento de rede, os

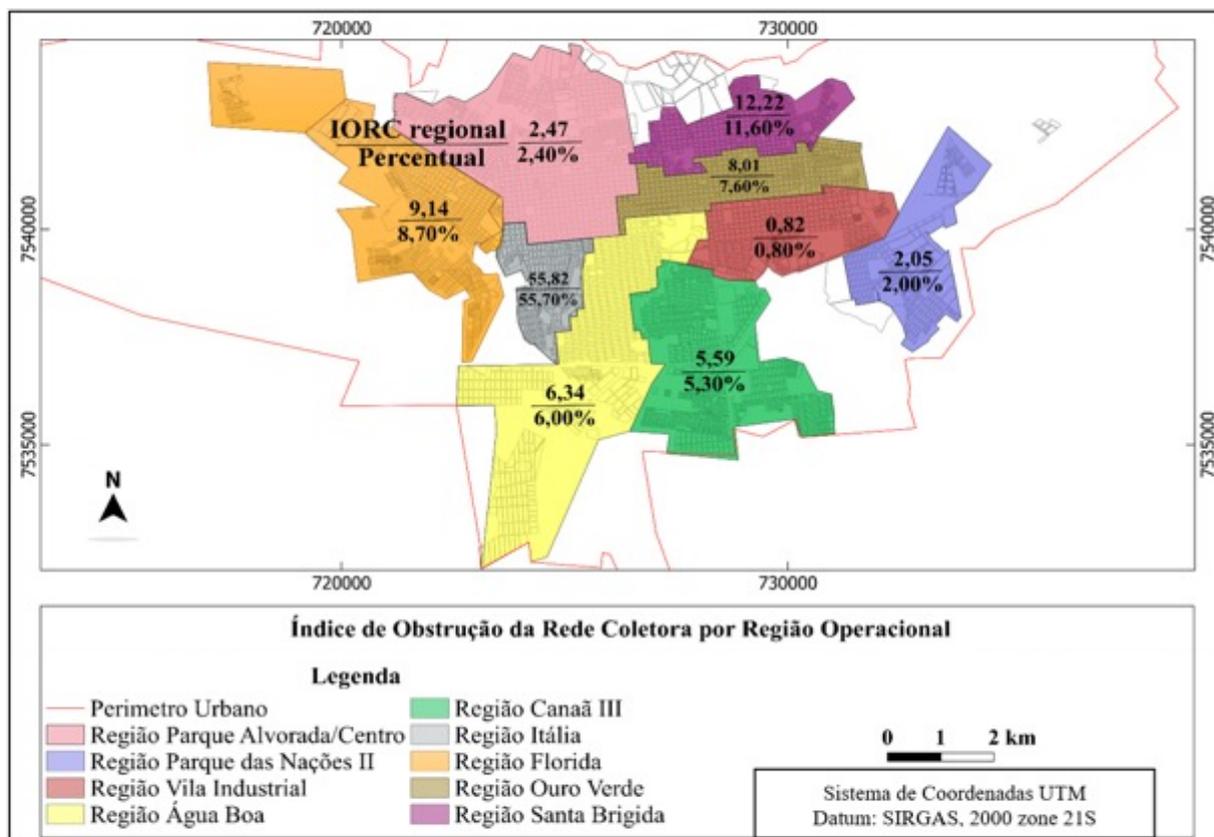
coletores de DN 100 são os que apresentam maior frequência relativa à eventos de obstrução. As redes de 100 mm apresentaram $IORC_{anual}$ 35% superior ao dos coletores de 150 mm. Em relação ao $IORC_{PNQS}$, a rede de 100 mm tem índice de obstrução 40% superior. Apesar de a NBR 9649/1986 (ABNT, 1986) recomendar como DN mínimo 100, os operadores de SES têm adotado para novos coletores públicos 150 mm, por maior facilidade de manutenção, menor incidência de obstrução e maior capacidade de carga (CAESB 1997; CEDAE 2016; CORSAN 2016; SABESP 2020; COMPESA 2020).

Tabela 3 - Índice Anual de Obstrução da Rede Coletora por diâmetro de rede.

DN (mm)	100	150	200	250	300	350	400	500	600
$IORC_{anual}$	340	120	172	167	152	1	0	0	0

Os indicadores mensal e anual propostos permitem uma visão macro do comportamento operacional do sistema, ponderado por DN das tubulações do SES. Como forma de identificar regionalmente as ocorrências em áreas mais críticas à intervenção, recomenda-se a utilização do indicador de obstrução regional ($IORC_{regional}$), Figura 5.

Figura 5. Índice de obstrução da rede coletora por região operacional.



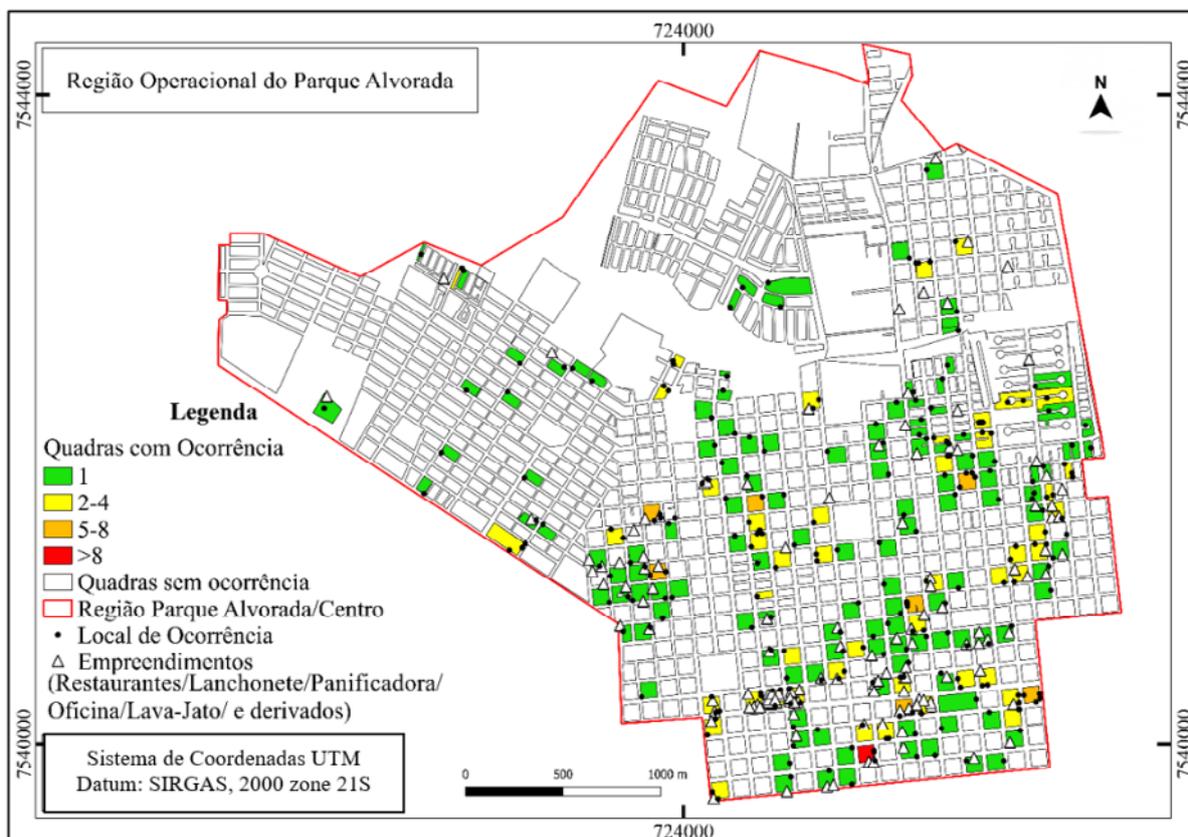
Com a composição do banco SIG, torna-se possível o detalhamento das regiões, Figura 5. A Região Vila Industrial apresentou o menor $IORC_{regional}$ (0,82), concentrando um percentual de 0,80

% das OS. Essa região apresenta a menor distribuição espacial de rede com diâmetros de 100 mm, e apresenta uma extensão elevada da rede de diâmetros superior a 150 mm.

Nas regiões Parque das Nações II (2,05), Água Boa (2,47), Canaã III (5,59), Florida (9,14) Ouro Verde (8,01) e Santa Brígida(12,22), apresentam valores intermediários de índice de obstrução da rede coletora, quando comparado à Região Itália (55,70).

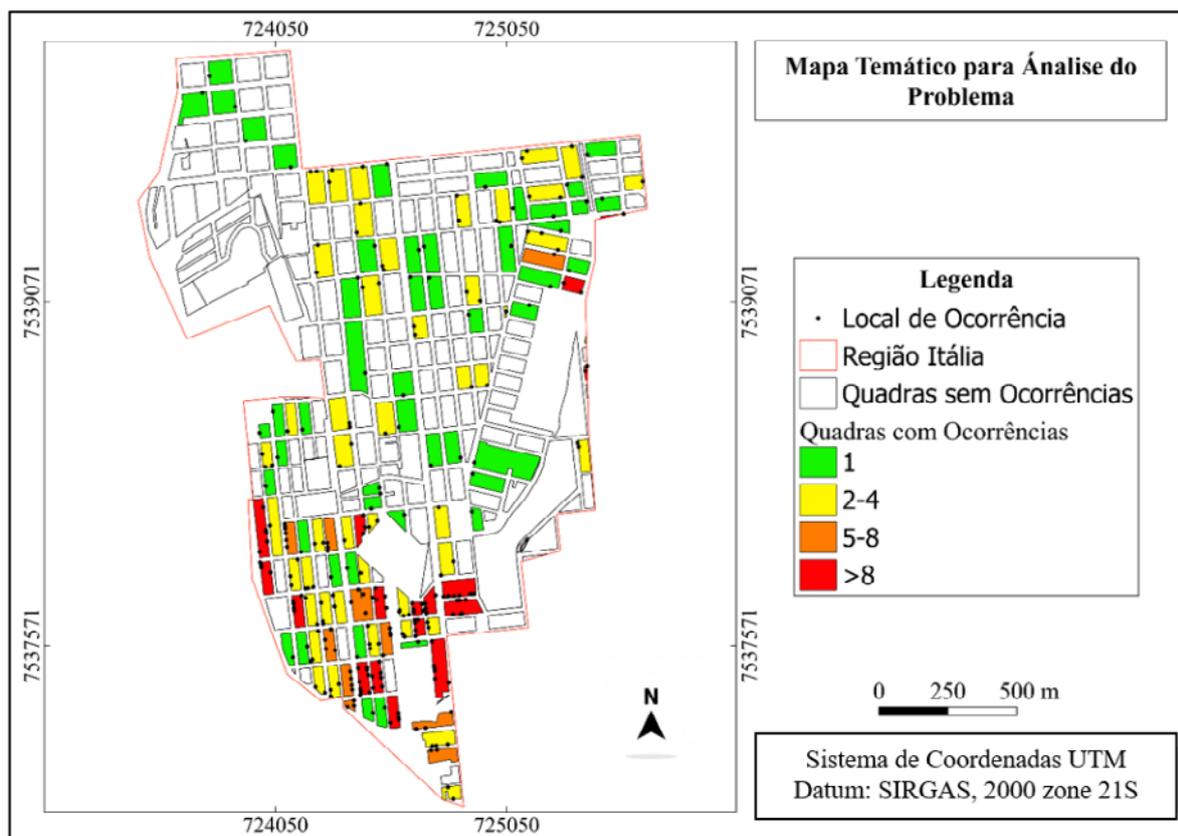
A região Parque Alvorada, que agrupa bairros mais novos, apresenta OS concentradas próximas a empreendimentos comerciais como lanchonetes, restaurantes, lava rápidos entre outros derivados (Figura 6). Pode ser um indicativo de ausência ou falta de manutenção nas caixas separadoras de água e óleo destes empreendimentos. Fator contribuinte para a obstrução da rede é o despejo de óleos, gorduras e afins nas canalizações, uma alternativa apontada para redução deste impacto é o uso da caixa de gordura nas residências (Tsutiya e Sobrinho 2011).

Figura 6. Empreendimentos comerciais e ocorrências de obstrução de rede coletora na região do Parque Alvorada.



A Região Operacional Itália é a mais crítica do sistema ($IORC_{regional}$ de 55,82), concentrando cerca de 55,5% do total de OS de todo o SES. A Figura 7, por exemplo, apresenta as concentrações das OS por quadras na região crítica. Este tipo de representação permite, após análise das informações e diagnóstico dos trechos críticos, a agilização do processo avaliativo e ações na origem dos problemas, com a proposição de ações corretivas e/ou preventivas, eliminando a possibilidade de incidência para o trecho.

Figura 7. Ocorrências de obstrução de rede coletora na Região Itália



A regionalização possibilita a definição de áreas prioritárias às ações resolutivas especiais para além da utilização do equipamento de desobstrução, como o emprego de videomonitoramento da rede após a obstrução. Em geral, tubulações com diversos eventos de obstrução ao ano, para além do mal uso, tendem a apresentar dano em suas paredes internas (Nakamura 2011). O videomonitoramento permite verificar se a tubulação precisa ser substituída.

Em áreas com elevados índices de obstrução, devem ser empregadas medidas complementares aos serviços de desobstrução, como: a) ações de educação ambiental que abordem o correto uso da rede coletora e a importância da manutenção preventiva das caixas de gordura; b) ações conjuntas de fiscalização com o órgão de controle ambiental afim de verificar a existência e o estado de conservação das caixas de gordura e caixas separadoras de água e óleo em imóveis comerciais; c) avaliação da substituição de redes em áreas críticas, com acompanhamento da execução dos serviços, em especial, em regiões com declividades mínimas, ou, abaixo desta; e d) monitorar e analisar criticamente os indicadores, buscando metas progressivas de desempenho.

Corretamente utilizados como base de suporte a decisão, os índices propostos apresentam potencial estratégico de redução na necessidade de aportes direcionados à manutenção. Além disso, ocorre significativa melhora da qualidade de vida dos moradores afetados pelo problema, redução das reclamações dos usuários e melhor direcionamento das equipes de manutenção preventiva/corretiva. Destaca-se ainda a mitigação dos impactos negativos dos eventos de extravasamento dos coletores em vias públicas, que ocasionam a contaminação de cursos d'água (Neto et al. 2016).

Conclusão

A composição dos diferentes planos de informação, em ambiente SIG, permitiu a correlação deles, permitindo a realização de análises, diagnósticos e a obtenção de índices operacionais. A estruturação do banco de dados em software livre e gratuito minimiza as despesas operacionais e permite a ampliação da cultura do uso de SIG e de dados geoespaciais na política da empresa, e entre seus colaboradores.

Os índices de obstrução por média mensal e anual, estratificados por diâmetro da rede, possibilitaram um diagnóstico geral do grau de recorrência dos eventos de obstrução no sistema de esgotamento, no ano em análise. Demonstraram também que, proporcionalmente, as redes em DN 100 apresentam maior frequência de obstrução. Recomenda-se que para projetos de novos coletores, adote-se com DN mínimo de 150 mm.

O índice regionalizado permitiu detalhamento das OS dentro dos setores operacionais, podendo servir como balizador de ações de manutenção preventiva, educação ambiental e fiscalização, com vistas a evitar a ocorrências dos eventos de transbordamento dos coletores, minimizando assim transtornos à população.

O SIG estruturado possibilita a ampliação do leque ferramental de suporte à decisão aos operadores do sistema. A manutenção e a adição de novos planos de informação ao banco de dados, permitirá, dentre outros, a realização de análises complexas como a de fatores de risco intervenientes aos eventos de obstrução, previsão de substituição de tubulações, predição de ciclos de manutenção preventiva de acordo com o histórico da região e o monitoramento de índices de desempenho.

Agradecimentos

Os autores agradecem a SANESUL e a Prefeitura de Dourados/MS pela disponibilização dos planos de informação, sem os quais não seria possível o desenvolvimento deste trabalho. Também agradecem à UEMS e ao CNPQ pela bolsa de iniciação científica de Luana Araújo.

Participação dos autores: LAA – processamento de dados, interpretação dos resultados e discussão, redação das conclusões; VOR – concepção do projeto, delineamento amostral, orientação, interpretação dos resultados e discussão, revisão e redação; JDO - processamento de dados, interpretação dos resultados e discussão, orientação e revisão do texto; e NFC - interpretação dos resultados e discussão, orientação e revisão do texto.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: O trabalho não teve a necessidade de apresentar licenças de aprovações éticas.

Disponibilidade dos dados: os dados não estão depositados em nenhuma base de dados.

Fomento: Os autores agradecem à CNPQ e a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul-UEMS, pela bolsa de estudos concedida a LA.

Conflito de Interesses: os autores afirmam não haver conflitos de interesse.

Referências

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2018. Critérios e Formulário IGS 2018. p. 1–14. Disponível em: http://abes-dn.org.br/pnqs/arquivos/Vencedoras18/ID266_SABESP_MCJ_IGS2018_GestaoDeEsgotoClasseMundial.pdf. Acesso em: 10 jan. 2021.

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). 2017. Atlas esgotos: despolição de bacias hidrográficas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília/DF: ANA.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 9648: Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. 1986. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 9649: Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário. 1986. Rio de Janeiro.

BRASIL. 2019. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Broeder L, Uiters E, Have W, Wagmaers A, Schuit AJ. 2017. Community participation in Health Impact Assessment. A scoping review of the literature. *Environmental Impact Assessment Review* 66:33-42. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.06.004>.

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. 1997. Decreto 5.631/80 - Novo Regulamento para Instalações Prediais de Esgotos Sanitários no Distrito Federal, que com esta baixa, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/legislacao1/decretos/220-decreto-5-631-80-aprova-o-novo-regulamento-para-instalacoes-prediais-de-esgotos-sanitarios-no-distrito-federal-que-com-este-baixa-e-da-outras-providencias.html>. Acesso em: 25 jul. 2021.

Carrera C, La Motta EJ. 2020. Herramientas gráficas de diseño para determinar la pendiente mínima de autolimpieza en tuberías de alcantarillado sanitario de pequeño diámetro. *Ingeniería del Agua* 24(1):49-63. <https://doi.org/10.4995/ia.2020.12260>.

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos. 2016. Serviços contínuos de apoio, reparo, complementos e manutenção dos ramais, ligação prediais, redes e elevatórias nos sistemas de abastecimentos de água e esgotamento sanitário, inclusive reposição de pavimento na área de atuação da diretoria do interior – lote I e II. Rio de Janeiro/RJ. Disponível em: https://www.cedae.com.br/Upload/Files/Licitacoes/8b5b83c9-373b-4f6c-a707-0ab24505b727ERRATA_01_CN001_2016.pdf. Acesso em: 25 jul. 2021

COMPENSA - Companhia Pernambucana de Saneamento. 2011. Norma Interna Residentes- Diretrizes Gerais para Elaboração dos Projetos de Rede Coletora de Esgoto. p. 2–3. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2020/03/GPE-NI-003-02-Diretrizes-Gerais-para-Elabora%C3%A7%C3%A3o-dos-Projetos-de-Rede-Coletora-de-Esgoto.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2021.

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento. 2016. Manual de Procedimentos para Projeto e Execução de Parcelamento de Solo - Anexo E - Diretrizes Técnicas. p. 20.

Fietz CR, Comunello É, Flumignan DL. 2020. Boletim Agrometeorológico- EMBRAPA. n. Tabela 1, p. 30–31. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/220127/1/BA-12.pdf>. Acesso em: 19 de jul. 2021.

Fietz CR, Fisch, G F. 2008. O Clima da Região de Dourados, MS. *Embrapa Agropecuária Oeste* 92(2): 32.

Gonçalves JA, Sereniski D, Santos JA, Moreira FCA. 2001. Velhos paradigmas, nova postura na operação, manutenção e melhoria do sistema de esgotamento sanitário frente à gestão ambiental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, João Pessoa - PB. Anais eletrônicos VI-085. ABES. 12p.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Censo demográfico. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/dourados/panorama>. Acesso em: 20 de jul. 2021.

Kamaruddin SM, Ahmad P, Alwee, N. 2016. Community Awareness on Environmental Management through Local Agenda 21 (LA21). *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 222: 729–737. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.234>.

Lopes TR. 2015. Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbico e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes. p. 123.

- Montes C, Berardi L, Kapelan Z, Saldarriaga J. 2020. Predicting bedload sediment transport of non-cohesive material in sewer pipes using evolutionary polynomial regression – multi-objective genetic algorithm strategy. *Urban Water Journal* 17(2): 154-162, <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1748210>.
- Nakamura J. 2011. Como prevenir o entupimento de tubulações de esgoto. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-prevenir-o-entupimento-de-tubulacoes-de-esgoto/20111>. Acesso em: 25, julho 2021.
- Neto AAS, Vieira AR, Aguiar DCOA. 2016. SABESP – Redes de Esgoto: Gestão para reduzir obstruções na rede coletora. Aranda Editora – N° 119.
- Pacheco R. 2015. Custos para implantação de sistemas de esgotamento sanitário. São Paulo/SP: Novas Edições Acadêmicas.
- Paranhos AC, Mioto CL, Pessi DD, Gamarra RM, Silva NM, Ribeiro VO, Chaves JR. 2021. Geotecnologias para aplicações ambientais. 1. ed. Maringá/PR: Uniedusul Editora. 394p. Disponível em: <https://www.uniedusul.com.br/publicacao/geotecnologias-para-aplicacoes-ambientais/>. Acesso em: 15 de jun. 2021.
- Pessoa LM. 2019. Análise de custos de implantação e operação de sistemas de esgotamento sanitário, considerando a modicidade tarifária. p. 1–141. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1344M.PDF>. Acesso em: 25 jul. 2021
- QGIS.org. QGIS Geographic Information System. 2021. QGIS Association. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- Ribeiro VO, Correa NF, Carvalho LA, Paranhos Filho AC. 2018. Area Identification for Sewage Treatment Plant Installation Using Maps Algebra. *Anuário do Instituto de Geociências* 41 (2): 685–698 . http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_685_698.
- Ribeiro VO, Peixoto MS. 2018. Avaliação da Contribuição Pluvial Parasitária no Sistema de Esgotamento Sanitário Afluente à ETE Guaxinim, Dourados/MS. *Revista de Engenharia e Tecnologia* 10(3):144–155.
- SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. 2018. Critérios e Formulário IGS 2018 Resumo Do Case A . Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. v1, n. peso 20, p. 1–13.
- SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. 2020. Norma Técnica – NTS 025 - Projeto de redes coletoras de esgotos. SABESP. Disponível em: <https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/NTS025.pdf> . Acesso em: 10 de abr. 2021.
- Sachet MAC, Bilotta P. 2019. Sustainability analysis of new household connections to the municipal sewage collection network in Paraná. *Revista Ambiente & Água* 15(1): e2419. <https://doi:10.4136/ambi-agua.2419>.
- Santos ACPA, Pereira JAR. 2016. SIG no Gerenciamento de Sistemas de Abastecimento de Água. *Revista DAE* 64 (202): 76–86. <https://doi:10.4322/dae.2016.001>.
- Silva AD. 2015. Manutenções de Redes de Esgotos Sanitários. p. 1–10. Disponível em: <http://www.trabalhosasemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/267/390/t390t2e1a2015.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- Tsutiya MT, Sobrinho PA. 2011. Coleta e Transporte de esgoto sanitário. 3° edição, Rio de Janeiro. ABES, 548 p.
- Von Sperling TL, Von Sperling M. 2013. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 18 (4): 313–322. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000400003>.



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.