

## **Dimensionamento de sumidouros: estudo de caso no município de Paragominas – PA**

### **Sizing of sinks: a case study in the city of Paragominas – PA**

DOI:10.34117/bjdv8n10-303

Recebimento dos originais: 26/09/2022

Aceitação para publicação: 28/10/2022

#### **Mário Marcos Moreira da Conceição**

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rua Itamarati, N° 390, São José, Castanhal – PA, Brasil  
E-mail: mariomarcosmc.7@gmail.com

#### **Josiane Coutinho Mathews**

Especialista em Análise Ambiental  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rodovia Mário Covas, 180, Coqueiro, Belém - PA  
E-mail: josianecoutinho93@gmail.com

#### **Carlos Rafael Lobo da Silva**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade da Amazônia (UNAMA)  
Instituição: Universidade da Amazônia (UNAMA)  
Endereço: Avenida Alcindo Cacela, 287  
E-mail: engcrafaell@gmail.com

#### **Danilo Puget da Fonseca**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade da Amazônia (UNAMA)  
Instituição: Universidade da Amazônia (UNAMA)  
Endereço: Tv. Lomas Valentinas, N° 1066, Belém - PA  
E-mail: danilopf@outlook.com

#### **Zenaide Amaral Freitas**

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Rua Augusto, 01, Guamá, Belém - PA  
E-mail: zenamaral@hotmail.com

#### **Verena Lúcia Sousa Correa**

Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA)  
Instituição: Universidade do Estado do Pará (UEPA)  
Endereço: Rodovia PA 125, S/N, Angelim, Paragominas - PA  
E-mail: verena.scorrea@gmail.com

**Higor Ribeiro Borges**

Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Pará  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Tv. Castelo Branco, N 22, Belém - PA  
E-mail: hgoriibeiro@gmail.com

**Yan Leno Rodrigues dos Santos Souza**

Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade Ideal  
Instituição: Faculdade Ideal  
Endereço: Tv. Tupinambás, 461, Batista Campos, Belém – PA  
E-mail: yanleno@hotmail.com

**Caio César Abreu Carneiro**

Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado do Pará  
Endereço: Vila Irmã Consolato, Almirante Barroso, N° 88, Marco, Belém – PA, Brasil  
E-mail: caio-cesar91@hotmail.com

**Jameles Silva de Sousa**

Graduado em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará  
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Endereço: Rua Americano, N° 78, Nova Olinda, Castanhal – PA, Brasil  
E-mail: jhamelles8296@gmail.com

**José Alvino Pereira de Lima Júnior**

Graduado em Engenheiro Ambiental e sanitária pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado do Pará  
Endereço: Rua Raimundo Pádua, N° 1084, Saudade II, Belém – PA, Brasil  
E-mail: j.alvinojr@gmail.com

**Jairusa Oliveira Lima**

Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado do Pará  
Endereço: Tv. Dr. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém – PA  
E-mail: jairusa\_oliveira@hotmail.com

**Breno da Silva Amaral**

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Pará  
Instituição: Universidade do Estado do Pará  
Endereço: Rua Augusto Corrêa, n° 01 - Guamá, Belém - PA  
E-mail: brenoamaral1@gmail.com

**Nubia Jane da Silva Batista**

Graduada em Engenharia Civil pela Faci Wyden  
Instituição: Faci Wyden  
Endereço: Tv. Tupinambás, 461, Batista Campos, Belém - PA  
E-mail: nubiabatista257@gmail.com

**Ricardo Sousa Costa**

Graduado em Ciências Naturais pela Universidade do Estado do Pará

Instituição: Universidade do Estado do Pará

Endereço: Travessa Castanhal, N° 432, Angelim, Paragominas, PA, Brasil

E-mail: ricardosousac9@gmail.com

**RESUMO**

A inexistência de alternativas coletivas de coleta e tratamento de esgoto em comunidades distantes dos centros urbanos faz com que seja primordial o estudo de alternativas descentralizadas mais adequadas e eficientes para cada região. Neste trabalho foi realizado estudo para determinar o per capita de consumo de água e esgoto nas penitenciárias do estado do Pará e ensaios de infiltração para subsidiar o dimensionamento de sumidouros que receberão os efluentes de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) compacta de um presídio localizado no município de Paragominas/Pa. Após a análise dos resultados, chegou-se a um per capita de água de aproximadamente 238 l/hab.dia e nos pontos estudados obteve-se uma média ponderada da taxa de percolação igual a 148,98 min/m, o que corresponde a um coeficiente de infiltração de 0,105m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. Assim, concluiu-se que o per capita de esgoto para o sistema prisional do Pará é de 190 l/hab.dia, 25,37% superior às demais unidades prisionais, e que seria necessária uma área de infiltração de 644,2 m<sup>2</sup>, o que acarretaria uma grande área de implantação, tornando mais viável o projeto de reaproveitamento do efluente tratado.

**Palavras-chave:** teste de percolação, efluentes, infiltração, poço absorvente, per capita.

**ABSTRACT**

The lack of collective alternatives for sewage collection and treatment in communities distant from urban centers makes the study of decentralized alternatives more appropriate and efficient for each region essential. In this work, a study was conducted to determine the per capita consumption of water and sewage in penitentiaries in the state of Pará and infiltration tests to support the sizing of sinks that will receive the effluents from a compact Sewage Treatment Plant (STP) of a penitentiary located in the city of Paragominas/Pa. After analyzing the results, a per capita water consumption of approximately 238 l/inhabitant per day was obtained and at the studied points a weighted average percolation rate equal to 148.98 min/m, which corresponds to an infiltration coefficient of 0.105m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.day was obtained. Thus, it was concluded that the sewage per capita for the Pará prison system is 190 l/inhab.day, 25.37% higher than other prison units, and that an infiltration area of 644.2 m<sup>2</sup> would be necessary, which would result in a large implementation area, making the treated effluent reuse project more feasible.

**Keywords:** percolation test, effluents, infiltration, absorption well, per capita.

**1 INTRODUÇÃO**

As comunidades localizadas em áreas distantes dos centros urbanos, no geral, por se caracterizarem como núcleos habitacionais com baixa densidade, demandam uma abordagem diferenciada para implantação e operação de sistemas de saneamento. Estima-

se que nove entre cada dez pessoas que vivem em área rural não possuem qualquer tipo de saneamento (WHO; UNICEF, 2014).

No Brasil as áreas de comunidades isoladas normalmente apresentam precariedades nos serviços de saneamento, principalmente, no esgotamento sanitário, em que 62,5% da população ainda não tem acesso à coleta dos esgotos e somente 37,5% apresentam algum tipo de tratamento (TRATA BRASIL, 2017). Para Tonzar, Alves e Cleber (2019) grande parte dos municípios rurais sofrem com a falta de sistemas de tratamento de esgoto, seja por motivos financeiros ou por carência de capacidade técnica em operá-los, onde o déficit de soluções tecnológicas para o esgotamento sanitário rural é enorme.

Em virtude dos déficits da prestação dos serviços de saneamento se faz necessário o uso de sistemas alternativos para o tratamento dos efluentes e, para que isso ocorra, algumas recomendações para implantação dos sistemas são necessárias tais como: baixo custo de implantação e de operação, tecnologia aplicável em pequena escala, adequada eficiência na remoção de poluentes com simplicidade operacional e elevada vida útil e experiência prática na utilização da tecnologia (FUNASA, 2015).

Segundo Campos *et al.* (2019), o poço absorvente pode ser, portanto, uma alternativa para situações em que outras tecnologias se tornam construtiva ou operacionalmente inacessíveis (comunidades rurais, por exemplo). Os estudos do tipo de solo que está sendo implantada, a capacidade de absorção do solo adaptados à realidade local e definições de critérios limitantes à sua implementação podem consolidar a tecnologia como uma solução apropriada para determinadas condições socioambientais (CAMPOS *et al.* 2019).

A busca de alternativas de tratamento de esgoto que sejam adequadas à realidade econômica, social, estrutural e ambiental de uma região é essencial para a diminuição de impactos ao meio ambiente e de índices de doenças contraídas pela população, relacionadas a despejo inadequado de esgoto (CRUZ *et al.*, 2010).

A infiltração de água é o processo pelo qual ocorre a entrada vertical descendente de água no perfil do solo através da superfície (DINIZ *et al.*, 2020). Para Guedes *et al.* (2020) vários fatores influenciam na capacidade de infiltração do solo, como por exemplo a textura, a estrutura dos solos, podendo variar assim a porosidade, cobertura vegetal, umidade e a existência de uma camada menos permeável ao logo do perfil do solo. Nunes *et al.* (2012) verificaram que os solos que apresentam camadas vegetais tendem a ter uma velocidade de infiltração mais elevada, devido os canais naturais formados pelas raízes.

Segundo Guedes *et al.* (2020), a capacidade de infiltração no solo é um processo variável, no qual em determinadas condições, a intensidade máxima em que o solo pode absorver água, tornando o fator de caracterização do solo um fator importante, assim definindo parâmetros de controles de erosões, sistemas de irrigação e outras atividades, que em questão, pode ser a capacidade de infiltração de efluentes sanitários.

O método de infiltração é reconhecido por ser simples e prático para a determinação da Infiltração Acumulada e Velocidade de Infiltração Básica. Para Barros *et al.* (2019) nos resultados obtidos durante seus ensaios foi possível caracterizar o solo por ser de textura franco-arenosa-argilosa franco-arenosa. Essa classificação é importante para o conhecimento do tipo de material que é composto o solo e conseqüentemente a sua influência na infiltração.

Para Chaves *et al.* (2019) a determinação da taxa de infiltração e, conseqüentemente, da condutividade hidráulica do solo pode ser utilizada para caracterização do solo quanto à sua natureza, nas quais são informações importantes para obras civis e sanitárias, que alterem o uso e ocupação do solo.

Os sumidouros, também conhecidos como poços absorventes, podem existir desde as formas mais rudimentares (simples buracos no solo), até construções mais elaboradas, com paredes de sustentação em alvenaria de tijolo ou anéis de concreto, sempre com aberturas que possibilitem a infiltração do efluente, e devidamente cobertas, geralmente com laje de concreto. Podem ser construídos nas formas retangulares, mas, geralmente são cilíndricas, e as paredes de sustentação mais usuais são em alvenaria de tijolos, que utilizam tijolos vazados com os furos voltados para o centro ou tijolos maciços com fendas entre os tijolos na maioria das fileiras. Geralmente não tem fundo revestido, para permitir a infiltração da água, mas na grande maioria há uma camada de brita constituindo a base do fundo (VON SPERLING, 2014)

Segundo Campos *et al.* (2019) em uma pesquisa realizada com 225 entrevistas como moradores do município Paulista de Holambra (SP) 60% utilizam poços absorventes como tratamento de esgoto doméstico, outros 31% não sabem informar e os 9% lançam direto no solo, mostrando que é uma realidade das regiões mais simples.

O lançamento de esgoto tratado no solo é regulamentado pela Resolução 396 (CONAMA, 2008), que, em seu artigo 27º afirma: “A aplicação e disposição de efluentes e de resíduos no solo deverão observar os critérios e exigências definidos pelos órgãos competentes e não poderão conferir as águas subterrâneas características em desacordo com o seu enquadramento”. A NBR 13969 (ABNT, 1997) recomenda o ensaio para

estimar a capacidade de infiltração no solo. Ademais, a disposição do esgoto tratado no solo apresenta vantagens devido o método ser de baixo custo, além da possibilidade da degradação da matéria orgânica retida nas camadas superficiais do solo por meio de processos aeróbios (LEVERENZ *et al.*, 2009; OLIVEIRA 2017).

Nascimento (2016) afirma que a disposição do esgoto tratado no solo é uma alternativa para áreas rurais, no entanto, é de fundamental importância conhecer a sua capacidade de absorção, ou sua permeabilidade, para a definição da solução adequada na destinação final dos efluentes do sistema de tratamento.

No Brasil, conforme o Instituto Trata Brasil (2018), o consumo *per capita* de água é de 134,97 litros por habitante ao dia, porém nos presídios, o consumo, de acordo com a SABESP (2017) apresenta valores entre 115 e 190 litros por preso e na região desta pesquisa, observa-se uma grande variação destes valores, o que torna necessário uma pesquisa específica para a determinação do consumo, já que a vazão dos efluentes líquidos das penitenciárias está relacionada diretamente com o volume de água consumido e, segundo Monteiro Junior & Rendeiro Neto (2011), é extremamente importante diagnosticar o volume diário gerado para dimensionamento correto do sistema, de forma que se evite erros no projeto, visando atenuar os impactos ambientais e a saúde pública, haja vista que, o sumidouro utiliza a capacidade natural da infiltração no solo para absorver o efluente gerado no sistema de tratamento individual de esgoto.

Para que se possa fazer o correto dimensionamento do poço absorvente, foram realizados os testes de infiltração no solo para ter conhecimento da Velocidade de Infiltração Básica e para dimensionar de maneira adequada o volume que cada poço absorvente pode suportar. Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi determinar a taxa de percolação, e fazer a caracterização quantitativa do *per capita* de água nas penitenciárias do estado do Pará, para a determinação do volume de efluente tratado que o solo, objeto desta pesquisa, consegue absorver.

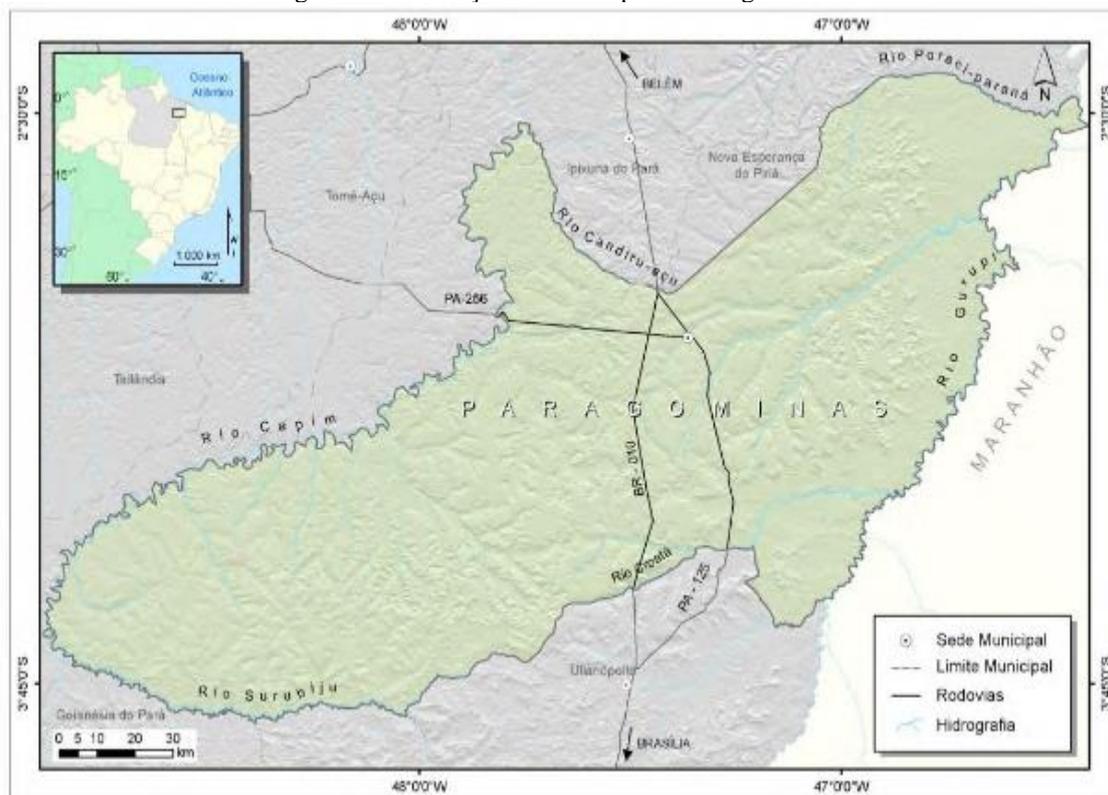
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado nesta pesquisa foi o dedutivo, pois, de acordo com Gil (2008), parte-se de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis que, nessa pesquisa, está atrelada aos entraves vinculados ao dimensionamento de poços absorventes para efluentes, e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente formal, em virtude de sua lógica.

A pesquisa também foi exploratória que buscam uma abordagem do fenômeno pelo levantamento de informações que poderão levar o pesquisador a conhecer mais a seu respeito (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Em relação à abordagem, esta pesquisa teve característica quantitativa e qualitativa pois tem-se dados matemáticos para a quantificação e que permitem qualificar a condição do objeto desta pesquisa (OLIVEIRA, 2011). A pesquisa apresenta natureza aplicada (MATIAS-PEREIRA, 2016), pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.

A pesquisa foi realizada no município de Paragominas, situado às margens da rodovia Belém-Brasília (BR010), a 320 quilômetros da cidade de Belém, possui uma área de 1,93 milhões de hectares (1,5% da superfície do Pará) e abriga uma população de quase 100 mil habitantes (IBGE, 2010). Paragominas faz parte da mesorregião Sudeste Paraense e se limita com o Maranhão, a leste, e com cinco municípios paraenses: Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá, ao norte; Ulianópolis, Goianésia do Pará e Dom Eliseu, ao sul; e Ipixuna do Pará, a oeste (Figura 1).

Figura 1: Localização do município de Paragominas.



Fonte: (PINTO *et al*, 2009).

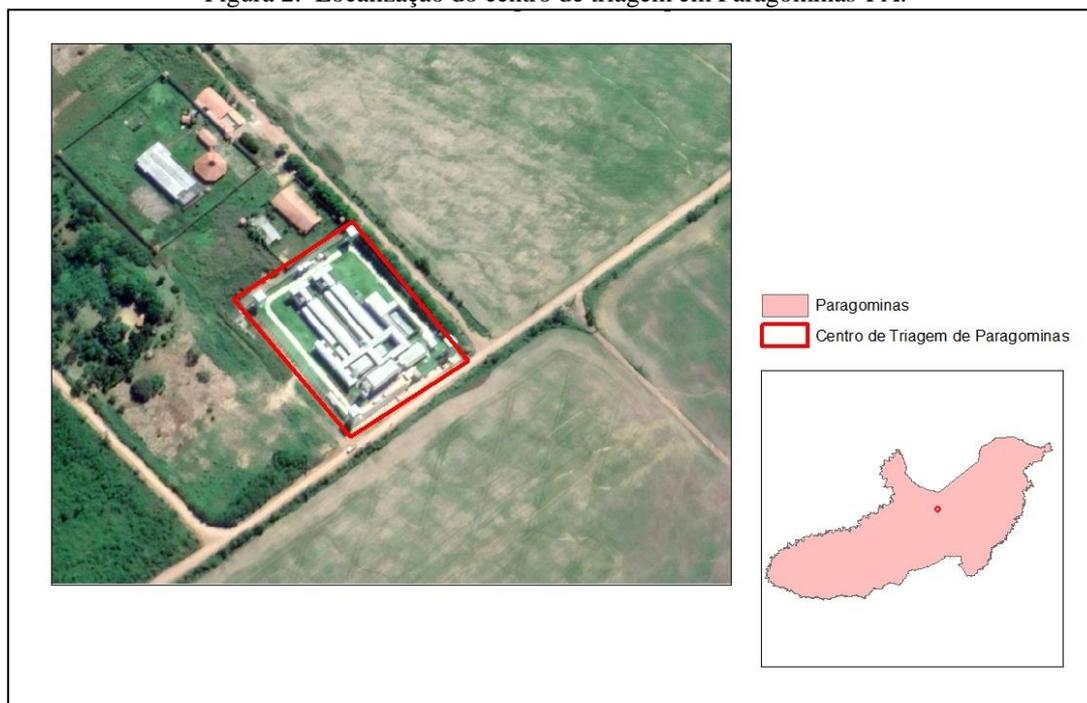
Os pontos escolhidos para fazer os testes de infiltração, suas coordenadas e localização estão respectivamente na Tabela 1 e Figura 2.

Tabela 1: Localização Geográfica dos Pontos Analisados.

PONTOS	LATITUDE	LOGITUDE
01	3°0'32.29" S	47°24'2.24" O
02	3°0'32.90" S	47°24'1.87" O
03	3°0'32.55" S	47°24'1.38" O

Fonte: Autores (2022)

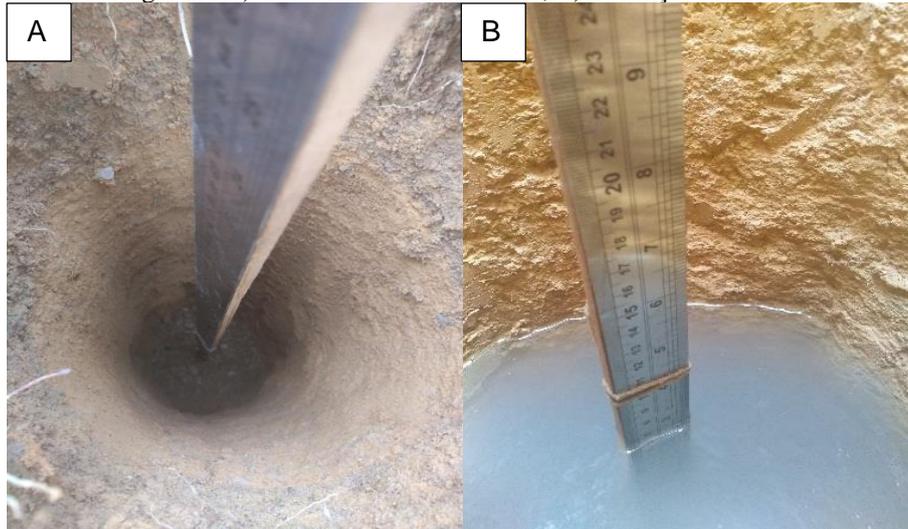
Figura 2: Localização do centro de triagem em Paragominas-PA.



Fonte: Autores (2022)

Foram realizados seis ensaios de percolação dentro da área disponível para ampliação do Centro de Triagem Metropolitano de Paragominas (figura 3), local administrado pela Secretaria de Estado de Administração Penitenciária - SEAP. Esses foram divididos da seguinte forma, três no mês de setembro, período menos chuvoso, de 2018 e três no mês de abril, período mais chuvoso, de 2019 (SILVA *et al.*, 2011).

Figura 3: A) Cava Com Brita no Fundo; B) Saturação das cavas



Fonte: Autores (2022)

Inicialmente, foram abertas 3 cavas, sondagens à trado de 150 mm de diâmetro, com 2 m de profundidade, preenchendo-se o fundo destas com 5 cm de brita (figura 3) e a seguir saturadas com água (figura 3 b). O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997).

Para realizar o dimensionamento dos sumidouros é necessário que se tenha os dados de população e consumo per capita de água na penitenciária, para saber o volume de esgoto que a Estação de Tratamento de Efluentes - ETE vai tratar e conseqüentemente destinar ao sumidouro.

Durante a realização da pesquisa percebeu-se que o consumo nas penitenciárias era bem superior ao que se encontrava em literatura. Com isso, fez-se necessário um estudo em oito penitenciárias do estado do Pará, no qual se observou, durante uma semana, quantas vezes ao dia o reservatório de cada casa penal era cheio e dividiu-se esse volume total pela quantidade de detentos das penitenciárias estudadas, para que assim se pudesse obter um resultado mais condizente com a realidade do sistema prisional.

Para determinar a área necessária para absorção do efluente, utilizou-se a seguinte equação:

$$A = \frac{NXC}{K}$$

Onde:

A = área total necessária para infiltração (m<sup>2</sup>);

N = número de contribuintes;  
C = contribuição per capita de esgotos (L/d);  
K = taxa máxima de aplicação diária (L/m<sup>2</sup>.d).

E a profundidade do sumidouro é determinada pela equação:

$$h = \frac{A - \pi * R^2}{2 * \pi * R}$$

Onde:

h = profundidade útil necessária em metros  
A = área necessária em m<sup>2</sup>  
R = raio adotado

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A representação dos resultados da taxa de percolação no solo (min/m), obtidos nos ensaios realizados nos dois períodos do ano, com o respectivo rebaixamento, encontra-se na tabela 2:

Tabela 2: valores dos rebaixamentos dos níveis d'água e taxa de percolação dos meses de setembro de 2018 e abril de 2019.

Pontos	setembro de 2018		abril de 2019	
	Abaixamento final do nível d'água (m)	Taxa de percolação K (min/m)	Abaixamento final do nível d'água (m)	Taxa de percolação K (min/m)
1	0,210	142,86	0,167	179,65
2	0,175	171,43	0,23	130,43
3	0,163	184,05	0,250	120

Fonte: Autores (2022)

De acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997) o valor final da taxa de percolação deve ser obtido fazendo a média ponderada destes valores. Como foram feitos 6 testes em um ano, foi obtida a média ponderada da taxa de percolação igual a 148,98 min/m.

Com o valor médio da taxa de percolação, fez-se a interpolação desse valor com as taxas de aplicação superficial presentes na tabela A.1 do anexo A da NBR 13969 (ABNT, 1997), determinando-se assim a taxa de aplicação superficial da área de 0,105 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

Segundo Tonetti (2018) a capacidade de infiltração do esgoto tratado deve ser rápida o suficiente para que haja percolação no solo sem evitar inconvenientes como os transbordamentos, mas também lenta o bastante para permitir que o solo purifique o esgoto tratado antes de atingir as águas subterrâneas.

De acordo com o teste de infiltração realizado, o local apresentou um coeficiente de infiltração de  $0,105\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ , ou seja,  $105\text{ litros}/\text{m}^2.\text{dia}$ , valores bem próximos ao encontrado por Mendes, Dias e Rodrigues (2010) que obtiveram valor de  $130\text{ litros}/\text{m}^2.\text{dia}$  para taxa de aplicação diária, apresentando teores de absorção relativa considerada como rápida conforme classificação da NBR 7229 (ABNT, 1993).

Porém, Marques (2010) alerta que em virtude das características específicas de cada região, deve-se verificar de acordo com NBR 7229 (ABNT, 1993) quais os tipos de solos, pois cada localidade apresenta comportamento diverso dependendo das características geológicas e composição do solo, por isso a importância do estudo da absorção para cada tipo de solo.

A Tabela 3 contém os valores de consumo de água, observados em um dia em oito penitenciárias do Estado. Após a análise dos resultados, chegou-se a um *per capita* de água de aproximadamente  $238\text{ l}/\text{hab}.\text{dia}$  o que é equivalente a mais de 25% do maior valor estipulado pela SABESP (2017) que é de 190 litros por preso. Considerando um valor de 80% para o coeficiente de retorno, recomendado pela NBR 9649 (ABNT, 1986) na falta de valores obtidos em campo, chega-se a um *per capita* de esgoto de  $190\text{ l}/\text{hab}.\text{dia}$  no sistema prisional do estado do Pará.

Tabela 3: consumo de água nas penitenciárias estudadas.

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO	VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO(L)	PER CAPITA
Marabá	262	62500	238,55
Parauapebas	195	45000	230,77
Santarém	545	129600	237,80
Abaetetuba	443	105500	238,15
Redenção	245	58000	236,73
Breves	271	65000	238,55
Bragança	205	48800	238,05
Paragominas	403	96000	238,21
<b>TOTAL</b>	<b>2569</b>	<b>610400</b>	<b>237,60</b>

Fonte: Autores (2022)

Sabendo que a ETE compacta foi projetada para tratar o efluente de uma cadeia para atender uma população de 306 detentos e mais 50 técnicos, tem-se uma população total de 356 pessoas e um consumo *per capita* em torno de 190 l/hab.dia. Logo:

$$A = \frac{356 \times 190}{105} = 644,2 \text{ m}^2$$

Devido a alta geração de efluentes nas cadeias, o que resulta em uma grande área de infiltração necessária, optou-se por fazer uso de um sistema de reaproveitamento que é composto por uma cisterna de 30m<sup>3</sup> que recebe o efluente tratado e por bombeamento abastece um reservatório elevado de 15m<sup>3</sup>, que é utilizado apenas para uso nas descargas dos vasos sanitários. Porém, para se ter uma segurança em caso de extravasamento dessa cisterna, dimensionou-se sumidouros para receber 10% do efluente gerado, o que resulta em uma área de infiltração de 64,4m<sup>2</sup>.

Fagundes e Scherer (2009) afirmam que o reuso de água para fins menos nobres deve ser empregado em algumas atividades tais como: descarga em vasos sanitários, lavagem de calçadas, veículos e roupas, uso ornamental e na construção civil, uma vez que, os custos para tornar os efluentes sanitários potáveis são economicamente inviáveis.

Sabendo o valor de área necessária para infiltração e considerando a construção de quatro sumidouros tem-se uma área de 16 m<sup>2</sup> para cada, estimando que esses sejam cilíndricos e com diâmetros de 2 metros, a profundidade necessária em metros é de 2 m.

#### 4 CONCLUSÕES

O *per capita* de esgoto obtido para o sistema prisional do Pará foi de 190 l/hab.dia.

Com o teste realizado chegou-se a uma taxa de infiltração de 0,105 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. A metodologia utilizada é de fácil realização e não exige equipamentos sofisticados, o que facilita sua aplicação em cidades do interior.

A área necessária para a absorção de todo o efluente da ETE foi de 644,2m<sup>2</sup>. A fim de diminuir a área de absorção foi proposta a utilização de um sistema de reaproveitamento com isso, os sumidouros foram dimensionados para atender apenas 10% do efluente gerado, o que resultou em uma área de 64,4m<sup>2</sup>.

Com base no exposto, pode-se concluir que é de suma importância a determinação do *per capita* desses empreendimentos, para evitar-se possíveis erros no

dimensionamento. Além disso, os sumidouros podem ser uma boa alternativa para disposição final dos efluentes domésticos tratados em localidades que não possuem rede de coleta, desde que sejam dimensionados corretamente, levando em consideração as peculiaridades e capacidade de infiltração de cada solo onde se pretende implantá-los.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT. 1997. Disponível em : < [http://acguasana.com.br/legislacao/nbr\\_13969.pdf](http://acguasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf) >. Acesso em 15 jan.2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, RJ. 1993. Disponível em : < [http://acguasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](http://acguasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf)>. Acesso em: 28 mai.2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, RJ. 1986. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.649-Projeto-de-Redes-de-Esgoto.pdf>>. Acesso em 28 mai.2020.

CAMPOS, I. S. L et al., Fossa absorvente ou rudimentar aplicada ao saneamento rural: solução adequada ou alternativa precária?. **Revista DAE**, V.67, nº 220 nov. 2019, São Paulo.

CHAVES, G. P et al., Avaliação da condutividade hidráulica na zona não saturada do solo na bacia hidrográfica do Igarapé Sapucajuba (Belém-Pa) . *Brazilian Journal of Development*, V.5, nº 7, nov. 2019, p. 8938-8953, Curitiba.

CONAMA. **Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008**. Disponível em:< <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acesso em 20 jun.2019.

CRUZ, L. M. O., TONETTI, A. L., FILHO, B. C., TONON, D., STEFANUTTI, R. **Remoção da matéria orgânica de efluente doméstico por reator anaeróbio preenchido com coco verde**. *Revista DAE*, n. 000, p. 11-16, set. 2010.

DINIZ, V. A et al., Capacidade de infiltração no solo em área de pastagem degradada e sistema IIP no primeiro ano. *Brazilian Journal of Development*, V.6, nº 2, nov. 2019, p. 6083-6087, Curitiba.

FAGUNDES, R. M; SCHERER, M. J. **Sistemas alternativos para o tratamento local dos efluentes sanitários**. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, Santa Maria, v.10, n. 1, p. 53-65, 2009.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUEDES, L. N et al., Análise da velocidade de infiltração de água no solo por meio de anéis concêntricos na zona leste da cidade de Teresina – PI. *Brazilian Journal of Development*, V.6, nº 3, nov. 2020, p. 15168-15178, Curitiba.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico – 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> . Acesso em: 06 jul.2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil**. Disponível em:<[https://www.painelsaneamento.org.br/explore/indicador?SE%5Bg%5D=1&SE%5Bs%5D=12&SE%5Bid%5D=VOL\\_AG\\_PC](https://www.painelsaneamento.org.br/explore/indicador?SE%5Bg%5D=1&SE%5Bs%5D=12&SE%5Bid%5D=VOL_AG_PC)> . Acesso em: 28 mai. 2020.

JUNIOR, A.P.M; NETO, H. F.R. **Sistema Individual de Tratamento de Esgoto Fossa Séptica Filtro Anaeróbio e Sumidouro uma Alternativa para o tratamento Sanitário em Comunidades de Baixa Renda do Município de Belém**. Trabalho de Conclusão de Curso (curso de engenharia civil). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET). Universidade da Amazônia. 2011.

**Manual de Saneamento da Funasa**. Disponível em:<[https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa\\_funasa\\_gov\\_br/\\_layouts/15/guestaccess.aspx?docid=14186865464ac48de8497718697f39343&authkey=AUvaIj89nS5diPP2dKDI3xo](https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa_funasa_gov_br/_layouts/15/guestaccess.aspx?docid=14186865464ac48de8497718697f39343&authkey=AUvaIj89nS5diPP2dKDI3xo)>. Acesso em 03 set.2019.

MARQUES, J. A. F. **Estudo Comparativo do Coeficiente de Absorção dos Solos do Terciário de Maceió-Al, com os Valores Sugeridos por Norma**. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica 2010. Disponível em:<[http://www.agmgeotecnica.com.br/files/\(3.14\)%20COBRAMSEG%202010%20Coeficiente%20de%20Absorcao.pdf](http://www.agmgeotecnica.com.br/files/(3.14)%20COBRAMSEG%202010%20Coeficiente%20de%20Absorcao.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MATIAS-PEREIRA. J. **Manual de metodologia de pesquisa científica**. São Paulo: Atlas, 4. ed., 2016.

NASCIMENTO, G. M. F. **Diagnóstico de sumidouros: um estudo de caso de um condomínio multifamiliar em Parnamirim/RN**. Monografia (Graduação). Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2016.

OLIVEIRA, A. R. De. **Influência do tempo de repouso do solo na infiltração de esgoto tratado**. Artigo científico (Curso de Engenharia Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. 2017.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica: manual para a realização de pesquisas em Administração**. Goiás: Catalão, 2011.

PINTO et al. 2009. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do Município de Paragominas**. Relatório Técnico. Belém/PA: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon. 65 p.

SABESP. Norma Técnica Sabesp NTS 181 - **Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro** – Primeira ligação. São Paulo, nov. 2017. Disponível em: <<https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/NTS181.pdf>> . Acesso em 29 mai.2020.

SILVA, J. A. R. et al. **Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.1364-1371,2011.

Disponível em : < <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/8275>> Acesso em: 20 ago.2019.

**TONETTI , A. L et al. Tratamento** de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP: Biblioteca/Unicamp, 2018.

TRATA BRASIL. **Saneamento rural**: um enorme desafio para o Brasil – Portal do Saneamento. Disponível em:< <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-rural-um-enorme-desafio-para-o-brasil--portal-do-saneamento>. Acesso em: 15 ago.2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 2014