

CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E SANEAMENTO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS DO CARIRI CEARENSE:

TECNOLOGIAS EM SANEAMENTO BÁSICO, GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO E RURAL

EDITORA
OMNIS



SCIENTIA



Rildson Melo Fontenele
Anielle dos Santos Brito

Volume 1

CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E SANEAMENTO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS DO CARIRI CEARENSE:

TECNOLOGIAS EM SANEAMENTO BÁSICO, GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO E RURAL

EDITORA
OMNIS



SCIENTIA



Rildson Melo Fontenele
Anielle dos Santos Brito

Volume 1

Editora Omnis Scientia

**CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E SANEAMENTO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS
DO CARIRI CEARENSE: TECNOLOGIAS EM SANEAMENTO BÁSICO, GESTÃO DE
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO E
RURAL**

Volume 1

1ª Edição

RECIFE - PE

2025

Editor-Chefe

Dr. Daniel Luís Viana Cruz

Organizadores

Rildson Melo Fontenele

Anielle dos Santos Brito

Conselho Editorial

Dr. Amâncio António de Sousa Carvalho – ESS-UTAD – Portugal

Dr. Cássio Brancalone – UFFS – Brasil

Dr. Marcelo Luiz Bezerra da Silva – UEPa – Brasil

Dra. Pauliana Valéria Machado Galvão – UPE – Brasil

Dr. Plínio Pereira Gomes Júnior – UFRPE – Brasil

Dr. Walter Santos Evangelista Júnior – UFRPE – Brasil

Dr. Wendel José Teles Pontes – UFPE – Brasil

Editores de Área - Engenharias

Dra. Elba Gomes dos Santos Leal

Dr. Mauro de Paula Moreira

Assistente Editorial

Thialla Larangeira Amorim

Imagem de Capa

Canva e Freepik

Edição de Arte

Vileide Vitória Larangeira Amorim

Revisão

Os autores



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

O conteúdo abordado nos artigos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Lumos Assessoria Editorial

C758

Construções sustentáveis e saneamento ambiental em municípios do Cariri cearense : tecnologias em saneamento básico, gestão de resíduos da construção civil e planejamento ambiental urbano e rural [recurso eletrônico] / organizadores Rildson Melo Fontenele e Anielle dos Santos Brito. — 1. ed. — Recife : Omnis Scientia, 2025.

Dados eletrônicos (pdf).

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-284-0022-5

DOI: 10.47094/978-65-284-0022-5

1. Planejamento urbano – Cariri (CE : Microrregião).
2. Construções sustentáveis. 3. Saneamento ambiental.
4. Gestão de resíduos – Inovações tecnológicas.
- I. Fontenele, Rildson Melo. II. Brito, Anielle dos Santos.

I-300626/2

CDD23: 711.40981

Bibliotecária: Priscila Pena Machado – CRB-7/6971

Editora Omnis Scientia

Av. República do Líbano, nº 251, Sala 2205, Torre A,
Bairro Pina, CEP 51.110-160, Recife-PE.

Telefone: +55 87 99914-6495

editoraomnisscientia.com.br

contato@editoraomnisscientia.com.br



PREFÁCIO

A busca por soluções ambientalmente sustentáveis na engenharia civil tem se intensificado diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, pelo crescimento desordenado das cidades e pela precariedade dos serviços de saneamento em regiões periféricas e rurais. Nesse contexto, o presente E-Book reúne cinco capítulos que abordam, sob diferentes perspectivas, a relação entre engenharia civil, sustentabilidade e gestão ambiental, com foco em realidades locais de municípios do Cariri cearense, como Juazeiro do Norte, Jardim e Milagres, territórios do Semiárido brasileiro, com limitações estruturais e climáticas que exigem inovação, planejamento e soluções técnicas adaptadas às suas especificidades socioambientais.

Portanto, o presente E-Book foi pensado para estudantes, profissionais, gestores públicos e pesquisadores das áreas de engenharia civil, ambiental e sanitária, interessados em compreender e aplicar soluções sustentáveis no planejamento e execução de obras e sistemas voltados à melhoria das condições de vida nas cidades do Semiárido nordestino.

O Capítulo 1 aborda o sistema de lagoas facultativas implantado no município de Jardim, apresentando aspectos construtivos e operacionais desse modelo de tratamento de esgoto, que representa uma alternativa economicamente viável e ambientalmente adequada para pequenas cidades.

O Capítulo 2 realiza uma análise comparativa entre tanques sépticos convencionais e pré-moldados na zona rural de Milagres, considerando custos, viabilidade técnica e eficiência ambiental, colaborando para o debate sobre saneamento descentralizado em áreas rurais.

O Capítulo 3 trata do saneamento ambiental em bairros de Juazeiro do Norte, revelando as desigualdades no acesso a infraestrutura básica e os impactos ambientais decorrentes da ausência e/ou precariedade dos serviços de esgoto e abastecimento de água.

O Capítulo 4 realiza uma análise ambiental em áreas de deposição clandestina de resíduos da construção civil (RCC) no município de Juazeiro do Norte, apresentando os danos causados ao meio ambiente urbano e propondo medidas de gestão adequada desses resíduos.

Por fim, o Capítulo 5 investiga o nível de sustentabilidade em um canteiro de obras localizado em Juazeiro do Norte, com base em critérios ambientais, sociais e econômicos, oferecendo subsídios para que a construção civil avance em direção a práticas mais sustentáveis, mesmo em contextos regionais com recursos limitados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....10

SISTEMA DE LAGOAS FACULTATIVAS E ASPECTOS CONSTRUTIVOS NO MUNICÍPIO DE JARDIM – CE

Maria Lúcia de Menezes

Joselania Gonçalves Rats

Jefferson Macedo do Nascimento

José Ricardo Temoteo Monte

Joaquim Rodrigues da Silva Neto

Maria Wesline Cardoso Viana

Sarah Luana Maia do Nascimento

Rildson Melo Fontenele

Anielle dos Santos Brito

DOI: 10.47094/978-65-284-0022-5/10-44

CAPÍTULO 2.....45

ANÁLISE DO ASPECTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DE TANQUE SÉPTICO CONVENCIONAL E PRÉ-MOLDADO PARA ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE MILAGRES-CE

Carlos Gardel Belém Dantas Luna

Joselania Gonçalves Rats

Jefferson Macedo do Nascimento

José Ricardo Temoteo Monte

Joaquim Rodrigues da Silva Neto

Maria Wesline Cardoso Viana

Sarah Luana Maia do Nascimento

Rildson Melo Fontenele

Anielle dos Santos Brito

DOI: 10.47094/978-65-284-0022-5/45-72

CAPÍTULO 3.....73

SANEAMENTO AMBIENTAL EM BAIROS DE JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

Maria das Graças de Sousa

Joelma Pereira da Silva

Joselania Gonçalves Rats

José Ricardo Temoteo Monte

Joaquim Rodrigues da Silva Neto

Jefferson Macedo do Nascimento

Maria Wesline Cardoso Viana

Sarah Luana Maia do Nascimento

Anielle dos Santos Brito

Rildson Melo Fontenele

DOI: 10.47094/978-65-284-0022-5/73-90

CAPÍTULO 4.....91

ANÁLISE AMBIENTAL EM ÁREAS PERIFÉRICAS DE DEPOSIÇÃO CLANDESTINA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE - CE

Mardônio Alves Sampaio

Joselania Gonçalves Rats

Jefferson Macedo do Nascimento

José Ricardo Temoteo Monte

Joaquim Rodrigues da Silva Neto

Maria Wesline Cardoso Viana

Sarah Luana Maia do Nascimento

Rildson Melo Fontenele

Anielle dos Santos Brito

DOI: 10.47094/978-65-284-0022-5/91-117

CAPÍTULO 5.....	118
------------------------	------------

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE EM UM CANTEIRO DE OBRAS EM JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

Valeska Karoline Nergino Bezerra

Joselania Gonçalves Rats

Jefferson Macedo do Nascimento

José Ricardo Temoteo Monte

Joaquim Rodrigues da Silva Neto

Maria Wesline Cardoso Viana

Sarah Luana Maia do Nascimento

Rildson Melo Fontenele

Anielle dos Santos Brito

DOI: 10.47094/978-65-284-0022-5/118-146

SISTEMA DE LAGOAS FACULTATIVAS E ASPECTOS CONSTRUTIVOS NO MUNICÍPIO DE JARDIM - CE

Maria Lúcia de Menezes¹;

Centro Universitário Paraíso (UniFAP) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9708555265358901>

Joselania Gonçalves Rats²;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7633732641057594>

Jefferson Macedo do Nascimento³;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5508143271957474>

José Ricardo Temoteo Monte⁴;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2889829481020627>

Joaquim Rodrigues da Silva Neto⁵;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8662641105797350>

Maria Wesline Cardoso Viana⁶;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2198750887845635>

Sarah Luana Maia do Nascimento⁷;

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici.

<http://lattes.cnpq.br/3133681234721596>

Rildson Melo Fontenele⁸;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -

Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

Anielle dos Santos Brito⁹.

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

RESUMO: Atualmente a degradação ambiental decorrente do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento é comum nos municípios brasileiros de pequeno porte, devido à falta de políticas públicas voltadas ao saneamento básico. A situação no município de Jardim, interior do Estado do Ceará, também é bastante crítica, pois há inexistência de um sistema de tratamento para os esgotos produzidos pela população, o que contribui para o lançamento desses esgotos domésticos *in natura* nos principais riachos que desembocam no rio Jardim, corpo receptor principal. Dessa forma, objetivou-se dimensionar um sistema de lagoas de estabilização do tipo facultativas para o município de Jardim, bem como relacionar alguns aspectos construtivos quanto aos dispositivos de entrada e saída do sistema em estudo. A metodologia foi realizada através de pesquisa quali-quantitativa. Quanto aos resultados obtidos, a população de alcance de projeto para 20 anos, baseado no método de extrapolação gráfica foi de 12.806 habitantes. A vazão média obtida foi de 17,78 L/s. As lagoas facultativas, após o dimensionamento, terão uma estimativa na eficiência para remoção de DBO₅ de 81,64%, valor dentro dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011. Foi verificado que as lagoas facultativas requerem bastante área disponível para implantação, cerca de 5,30 hectares. Para facilitar a homogeneização dentro das lagoas, foram adotadas três tubulações de entrada com $\frac{1}{4}$ do comprimento, para cada uma das lagoas e uma tubulação na saída. Os sistemas de lagoas facultativas realizam remoções bastante otimizadas de matéria orgânica, sólidos e nutrientes devido ao bom desempenho operacional no tratamento de esgotos. Por essa razão, e devido a realidade do município, quanto aos usos múltiplos das águas do rio Jardim, torna-se perceptível que esse tipo de sistema de tratamento de esgotos se caracteriza como uma alternativa ambiental e econômica viável.

PALAVRAS-CHAVE: Dispositivos de entrada e saída. Lagoas de estabilização. Tratamento de esgotos domésticos.

FACULTATIVE LAGOON SYSTEM AND CONSTRUCTION ASPECTS IN THE MUNICIPALITY OF JARDIM - CE

ABSTRACT: Currently, environmental degradation resulting from the discharge of untreated domestic sewage is common in small Brazilian municipalities, due to the lack of public policies aimed at basic sanitation. The situation in the municipality of Jardim, in the interior of the state of Ceará, is also quite critical, as there is no treatment system for the sewage produced by the population, which contributes to the discharge of this raw domestic sewage into the main streams that flow into the Jardim River, the main receiving body. Thus, the objective was to design a system of optional stabilization ponds for the municipality of Jardim, as well as to relate some constructive aspects regarding the inlet and outlet devices of the system under study. The methodology was carried out through qualitative and quantitative research. Regarding the results obtained, the population within the project scope for 20 years, based on the graphical extrapolation method, was 12,806 inhabitants. The average flow rate obtained was 17.78 L/s. After dimensioning, the facultative lagoons will have an estimated efficiency of 81.64% for BOD5 removal, a value within the standards required by CONAMA Resolution n°. 430/2011. It was found that the facultative lagoons require a large area available for implementation, approximately 5.30 hectares. To facilitate homogenization within the lagoons, three inlet pipes measuring 1/4 of the length were adopted for each of the lagoons and one pipe at the outlet. The facultative lagoon systems perform very optimized removals of organic matter, solids and nutrients due to their good operational performance in sewage treatment. For this reason, and due to the reality of the municipality, regarding the multiple uses of the waters of the Jardim River, it becomes clear that this type of sewage treatment system is characterized as an environmentally and economically viable alternative.

KEY-WORDS: Domestic sewage treatment. Inlet and outlet devices. Stabilization ponds.

INTRODUÇÃO

O processo de degradação ambiental, decorrente do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento é comum em municípios brasileiros. A falta de planejamento urbano voltados ao quesito saneamento básico em municípios de pequeno porte afeta diretamente a saúde e a qualidade de vida da população.

Segundo Tonetti *et al.* (2009), o tratamento dos esgotos busca evitar a degradação e o desperdício dos recursos hídricos, tornando-se nos últimos tempos uma questão prioritária no Brasil. Dessa forma, é importante salientar sobre a necessidade de evitar a poluição da água, do solo, dos desequilíbrios ocasionados aos ecossistemas locais através de sistemas de tratamento de esgotos condizentes com a realidade local.

A situação no município de Jardim, interior do Estado do Ceará, também é bastante crítica, pois a inexistência de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) contribui com os lançamentos de esgotos não tratados nos riachos Lava Pés, Jacundá, Barrocão e no rio Jardim, que é o receptor principal.

Uma consequência do lançamento do esgoto doméstico lançado diretamente nos rios, é o aumento da matéria orgânica existente na água, que em excesso, afeta diretamente o desenvolvimento natural das plantas e animais existentes nesse habitat (Sperling, 2005). Dessa maneira, as águas ficam turvas devido a matéria orgânica em excesso, prejudicando o processo de fotossíntese, e impedindo dentre outros fatores, a oxigenação da água.

O município de Jardim possui uma única rede coletora receptando, o sistema de drenagem e o esgoto doméstico de 80% da zona urbana (Plano Municipal de Saneamento Básico de Jardim, 2013). Durante o período de chuvas a situação se agrava, pois o sistema de drenagem existente extravasa, devido ao acúmulo de lixo e de lama, que se acumulam em suas galerias. Neste sentido, os riscos à saúde de moradores se tornam elevados, já que nesse período os macros e micro vetores infestam algumas residências e contribuem para a proliferação de doenças.

Apesar do estado crítico que o rio Jardim se encontra, devido ao lançamento de esgotos domésticos *in natura* diariamente, a prática de agricultura, pecuária e pesca as suas margens ocorrem constantemente. Exemplos dessas atividades são: criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos, aves, peixes e plantações de milho as margens do rio. Esse fato traz preocupações referente à ausência de políticas públicas relacionadas ao setor de saneamento básico e fiscalização sanitária e ambiental para essas ações.

Diante do exposto, é importante ressaltar que o tratamento dos esgotos é de fundamental importância para um melhor desenvolvimento urbano municipal, bem como, da qualidade de vida da população. A implantação de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) colabora com o progresso do município quanto aos aspectos socioambientais e econômicos.

Dessa forma, um tipo de tratamento para os esgotos domésticos que contribuiria para a melhoria da realidade ambiental da área visivelmente prejudicada com os lançamentos dos esgotos e com as condições de usos múltiplos do rio Jardim, seriam as lagoas de estabilização do tipo facultativas. Esse sistema apresenta, elevada eficiência na remoção do DBO e coliformes; custos reduzidos de operação, manutenção e simplicidade de operação, porém, exige maior área para implantação do sistema (Von Sperling, 2005).

Neste contexto, o objetivou-se dimensionar um sistema de lagoas de estabilização do tipo facultativa para o município de Jardim-CE, bem como relacionar alguns aspectos construtivos quanto aos dispositivos de entrada e saída do sistema em estudo.

REVISÃO DE LITERATURA

Composição dos esgotos domésticos

As águas geradas por residências, estabelecimentos comerciais ou qualquer edificação que contenha banheiros, lavanderias e cozinhas, são denominadas esgoto ou efluente. É constituído principalmente por águas de banho, fezes e urina, sabão, detergentes, papel higiênico, restos de comida e águas de lavagem.

Para Von Sperling (2005) os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9 % de água. A minúscula parcela restante de 0,1 %, são sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Logo, devido a essa pequena fração há necessidade de tratar os esgotos.

A fração inorgânica dos efluentes corresponde a 30% da quantidade de matéria sólida existente e seus principais componentes de minerais pesados, metais e sais (Melo e Marques, 2000).

TRATAMENTO DOS ESGOTOS

Lagoas de estabilização

Várias são as técnicas utilizadas para tratar esgotos domésticos, algumas têm altos requisitos de energia como lodos ativados, e outras dependem apenas de processos naturais como as lagoas de estabilização e wetlands (Al-Hashimi, 2013).

Destas técnicas, a mais utilizada é o sistema de lagoas de estabilização e suas variantes, por constituírem-se da forma mais simples de tratamento (Von Sperling e Chernicharo, 2005) e apresentarem características favoráveis, como alto desempenho, baixo custo, baixo consumo de energia e pouca necessidade de manutenção (Jail *et al.*, 2010).

As lagoas de estabilização são tanques hídricos, onde as águas residuárias são mantidas por longos períodos para permitir que uma larga escala de microrganismos e plantas aquáticas se relacionem e atuem nos processos de conversão e decaimento da matéria orgânica, nutrientes, organismos patogênicos e outros constituintes, transformações que ocorrem a partir de baixos níveis de investimento no sistema de tratamento (Mahmood *et al.*, 2013).

São inúmeras as vantagens desse tipo de sistema, pois além da eficiência de remoção de matéria orgânica (Jordão e Pessoa (1995); Garcia-Rodríguez *et al.* (2014)), patógenos e nutrientes, também podem lidar com metais pesados e com contaminantes orgânicos emergentes.

Estes sistemas em sua maioria apresentam um menor custo de tratamento dos esgotos domésticos, pelo fato de apresentarem eficiência na remoção de patógenos, evitando tratamento terciário, como cloração, além de ser um sistema natural e sustentável,

o que reduz os custos de construção, manutenção e operação.

Lagoas facultativas

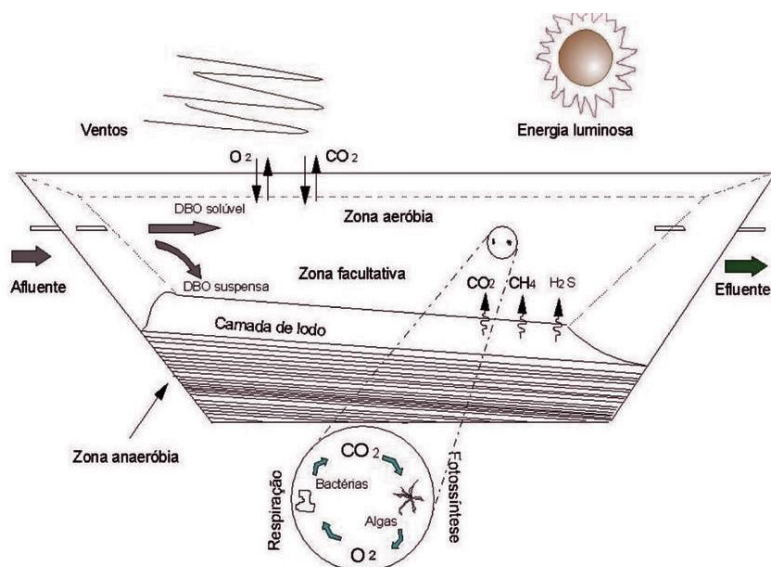
As lagoas facultativas são variações das lagoas de estabilização. Este tipo de lagoas estabilizam a matéria orgânica carbonácea em três diferentes camadas: uma superior aeróbia, a inferior anaeróbia, e uma intermediária denominada de facultativa (Silva *et al.*, 2010). É a mais simples entre os tipos de lagoas de estabilização.

De acordo com Ferreira (2017) e Von Sperling (2005), esse processo pode demorar entre 15 e 45 dias e uma série de mecanismos contribuem para a purificação dos esgotos. A matéria orgânica suspensa (DBO particulada) acumula-se, formando o lodo no fundo da lagoa. Esse composto orgânico dissolvido (DBO solúvel) em consonância com o composto orgânico em suspensão não se acumula no fundo do sistema, permanecendo dispersa no meio aquoso. A sua decomposição se dá através de bactérias facultativas, que podem sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio (é daí que vem o nome de facultativas, que define o nome da lagoa).

Uma vantagem desse tipo de lagoas ocorre devido ao tratamento ser realizado completamente por meios biológicos e seu regime hidráulico acontecer de forma bem simples, onde o efluente a ser equilibrado entra por uma das extremidades e sai em outra, permitindo que o efluente doméstico atravesse totalmente a lagoa, oxidando a matéria orgânica presente (Rios, 2007).

Outras vantagens e desvantagens das lagoas facultativas estão associadas a predominância dos fenômenos naturais: físicos, químicos e biológicos, necessitando apenas da luz solar. Como mostra a Figura 1.

Figura 1. Funcionamento de um sistema de lagoa facultativa.



Fonte: Von Sperling (2005).

As vantagens agregam-se a estas, como facilidade de operação e funcionamento, baixo custo de operação e manutenção. Porém, necessitam de longos períodos de detenção para que as reações se completem. Sua construção consiste basicamente no movimento de terra e na preparação dos taludes (Von Sperling, 2005).

Critérios de projeto

De acordo com Von Sperling (2005), os principais parâmetros de projeto das lagoas facultativas são:

Taxa de aplicação superficial: exige-se uma determinada área de exposição a luz solar na lagoa, para que o processo de fotossíntese ocorra, objetivando garantir a fotossíntese e o crescimento das algas, para obter uma produção de oxigênio suficiente para suprir a demanda do oxigênio.

Profundidade: a profundidade controla os aspectos físicos, biológicos e hidrodinâmicos da lagoa. No que se refere a profundidade das lagoas, o conhecimento disponível na literatura é bastante limitado. De acordo com Sperling (2005), e de forma a obter maiores benefícios, a profundidade a ser adotada varia de 1 a 2 metros. Embora seja usualmente aceita a faixa entre 1,5 a 2 metros.

É importante ressaltar que profundidades incorretas no dimensionamento podem interferir diretamente nos aspectos operacionais do sistema de lagoas de estabilização do tipo facultativa, propiciando inconvenientes no regime hidráulico, pois profundidades menores ou maiores do que a estabelecida pelos autores supracitados, podem afetar, além de outros aspectos, o processo de sedimentação das partículas e a taxa de acumulação de lodo.

Tempo de detenção: não é um parâmetro direto de projeto, é mais um parâmetro de verificação (derivado do nível do volume da lagoa). O critério de tempo de detenção diz respeito ao tempo necessário para que os microrganismos procedam a estabilização da matéria orgânica na lagoa. Portanto, relaciona-se a atividade das bactérias.

O tempo de detenção necessário para que ocorra a oxidação da matéria orgânica pode sofrer variações, dependendo das condições do local, e especialmente da temperatura, variando de 15 a 45 dias (Von Sperling, 2005).

Na maioria dos casos, podem-se desprezar os parâmetros relacionados à evaporação, infiltração e precipitação, já que geralmente estes fatores se compensarão (Von Sperling, 2005).

Geometria da lagoa: a relação comprimento/largura (L/B) é um importante critério por influenciar o regime hidráulico da lagoa, o qual pode ser projetado para se aproximar a condições de fluxo em pistão ou mistura completa. A relação (L/B) mais utilizada para o regime de mistura completa é: $L/B = 2$ a 4 .

O regime de mistura completa é o mais usual quando se tem efluentes sujeitos a uma grande variabilidade de cargas e a presença de compostos tóxicos. Será adotado para esse sistema o modelo de mistura completa.

Parâmetros de qualidade

Considerando a carência de recursos hídricos no Estado do Ceará, a qual está relacionada aos aspectos de quantidade e qualidade e os benefícios das Resoluções nº 54 de 2009, 121 de 2010 sobre práticas de reuso e Lei Estadual nº 16.033 de 20 de junho de 2016 e em conformidade com a resolução do CONAMA 430/2011, para o lançamento direto de efluentes originados do tratamento de esgoto sanitários determina o cumprimento das condições e padrões específicos como descritos na tabela abaixo.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade do efluente e limites definidos por resolução do CONAMA 430/2011.

Parâmetros		Condições para lançamento de efluentes
Entrada da ETE	Saída da ETE	pH entre 5 a 9 e temperatura inferior a 40 °C
		De DBO 5 dias a 20° C; Máximo de 120 mg/l, sendo que esse limite somente pode ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO para lançamento direto de efluentes oriundos de sistema de esgotos sanitários;
DBO ₅ 350 mg/L	DBO ₅ 120 mg/L	Para a determinação da eficiência de remoção de carga poluidora em termos de DBO _{5,20} para sistemas de tratamento com lagoas de estabilização, a amostra do efluente deverá ser filtrada.
	Sólidos em suspensão total (Remoção de 20%)	Eficiência mínima de remoção de 20%, após desarenação.

Fonte: Adaptado da resolução do CONAMA.

LODOS DE ESGOTOS

Segundo Fernandes (1999) e Gewehr (2009), o lodo é constituído por bactérias vivas. Este pode ser caracterizado pelo teor em material orgânico e macronutrientes, micronutrientes e minerais em sua composição, que variam devido à constituição do esgoto contribuinte.

Vale ressaltar que, os metais pesados presentes nos lodos como mercúrio, cobalto, ferro, alumínio, são provenientes de esgotos industriais, e que essas concentrações variam de acordo com a vazão de contribuição e podem ocasionar sérios riscos à saúde pública e meio ambiente.

Dependendo da idade do lodo, a fração de massa bacteriana é elevada, podendo elevar em torno de 50 a 90% da biomassa, enquanto em casos nas quais o lodo é anaeróbio, esta fração situa-se na faixa de 2 a 20% (Aisse *et al.*, 1999).

O lodo possui cerca de 95% de água, com concentração de 0,25 a 12% de sólidos. Apenas por convenção, o lodo é designado por fase sólida, visando distingui-lo do fluxo do líquido que está sendo tratado (Metcalf e Eddy, 1991).

Na Estação de Tratamento dos Esgotos (ETE), a geração, tratamento, transporte e destinação final, são bastante específicas, pois dependem da tecnologia de tratamento a ser adotada.

Para Ferreira e Andreoli (1999), um aspecto importante que deve ser analisado em uma ETE, quanto aos lodos dos esgotos, seria a eficiência do processo de tratamento preliminar, principalmente se o efluente carrear altos teores de areia e outros minerais.

ASPECTOS CONSTRUTIVOS

A localização das lagoas em relação a geração dos esgotos produzidos, como também à distância do corpo receptor são fundamentais para a escolha das futuras instalações.

Segundo Von Sperling (2005), outros quesitos importantes são: topografia, forma da área, cotas de inundação, características do solo, ventos, condições de acesso e custos do terreno.

É importante ressaltar que, o êxito quanto ao projeto do sistema de lagoas facultativas está alinhado tanto às características ambientais quanto aos aspectos construtivos, para que o processo operacional seja otimizado.

Por essa razão, nesse item, será abordado apenas os itens mais relevantes, considerados nesse estudo, a critério do dimensionamento.

Dispositivos de entrada

Segundo Von Sperling (2005), a entrada do efluente na lagoa deve satisfazer às seguintes condições: garantir que o líquido seja homogeneizado, evitando curto-circuito e zonas mortas. Para entradas submersas, estas não deverão possibilitar o desprendimento de gases malcheirosos e evitar o solapamento dos taludes e do fundo da lagoa devendo ser ideal a introdução de placas de concreto no fundo, no local de descarga da tubulação.

Para Jordão e Pessoa (1995), a boa distribuição as tubulações de entrada asseguram uma boa distribuição do líquido. Este é um quesito essencial para evitar a ocorrência de odores no sistema.

Von Sperling (2005) defende que a distribuição homogênea dos esgotos ao longo do comprimento da lagoa, deve ser garantida por um número suficiente de tubulações

de entrada. Já outros autores como Mara (1992) e Jordão e Pessoa (1995) sugerem simplicidade, com entradas e saídas únicas, situadas em extremidades opostas.

Em sistemas de mistura completa, as tubulações devem ter 1/3 a 1/4 do comprimento da lagoa, além de funcionarem com uma velocidade média do líquido igual ou superior a 0,5 m/s.

Dispositivos de saída

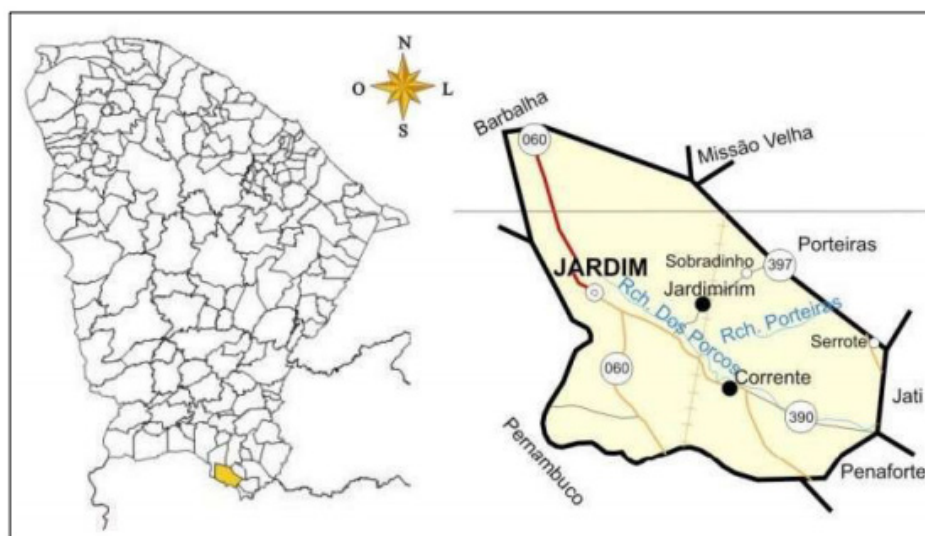
Quanto ao projeto das tubulações de saída, de acordo com Von Sperling (2005), Mara (1995), Jordão e Pessoa (1995) e Silva (1993), devem ter os seguintes aspectos: a saída deve ser situada na extremidade da lagoa, para que não ocorra problemas operacionais; os dispositivos podem ser tipo fixo ou variável; recomenda-se o uso de placas defletoras para o impedimento de saída de material flutuante; o nível de retirada do efluente de lagoas facultativas deve ser de 0,60 m e o acesso do dispositivo de saída deve ser fácil.

METODOLOGIA

LOCALIZAÇÃO DA PESQUISA

A proposta para dimensionamento do sistema de lagoas facultativas será para futuras instalações na cidade de Jardim, na qual, é localizada na microrregião do Cariri, região sul, do Estado do Ceará, nas coordenadas geográficas: latitude 7° 34' 57" Sul e longitude 39° 17' 53" Oeste. O município faz fronteiras com as cidades de Barbalha – CE, Porteiras - CE, Jati - CE e Penaforte – CE, Serrita - PE e Moreilândia – PE, conforme Figura 2.

Figura 2. Mapa do município de Jardim.



Fonte: IPECE (2009).

Conforme o IBGE (2022), Jardim possui uma população de 27.411 habitantes. A densidade demográfica é de 50,30 habitantes por km², com uma área total de 544,995 km². A população do município é predominantemente rural, com 66,3% da população residindo em áreas rurais.

A cidade está distante da capital Fortaleza – CE cerca de 536 km e sua altitude é de 648 m acima do nível do mar. Apresenta clima caracterizado por temperaturas que variam de 19 a 28 °C. A temperatura nos meses de junho-julho pode chegar a 15 °C, exigindo que a população vista agasalhos apropriados (IPECE, 2018).

Sua hidrografia é composta pelo rio Jardim, temporariamente seco, pelos riachos: Jacundá, Porcos, Gravatá e Boca da Mata; e pelo Açude de Florzinha. Ao pé da Chapada do Araripe há o afloramento dos lençóis freáticos formando bicas e fontes de água cristalina. Conforme dados da Prefeitura Municipal de Jardim, inicialmente eram 72 fontes, destas: 30 secaram, 22 estão atualmente com suas vazões reduzidas e apenas 20 permanecem inalteradas; dentre as quais as mais conhecidas são: Boca da Mata (que abastece a cidade) e Boa Vista (atração turística).

A população da zona urbana totaliza 8.994 habitantes, dos quais 7.988 possuem rede de esgoto equivalendo a uma cobertura de 80% dessa população, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Informações dos sistemas de esgotamento sanitário da Sede de Jardim.

Descrição	Sistema de esgotamento sanitário
Índice de cobertura	80%
População coberta (hab.)	7.988
Extensão de rede (m)	14.298

Fonte: PMSB (2011).

DELINEAMENTO DO ESTUDO

Este trabalho foi desenvolvido baseado em pesquisa bibliográfica e documental.

A pesquisa bibliográfica é feita com base em um levantamento de referências teóricas já revisadas, e publicadas nos meios eletrônicos como livros, artigos científicos, páginas de web e sites (Fonseca, 2002).

Desse modo, para a pesquisa bibliográfica foram utilizados dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), IPECE (Instituto de Pesquisa Estratégia Econômica do Ceará), PMSB (Plano Municipal de Saneamento Básico) e Prefeitura Municipal de Jardim, além de artigos científicos, dissertações, teses e livros.

Na mesma linha, de acordo com Fonseca (2002), a pesquisa documental segue o mesmo entendimento da pesquisa bibliográfica, podendo apresentar alguma dificuldade em distingui-las.

A pesquisa documental é feita através de várias fontes, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, cartas, filmes, fotografias, pinturas, relatórios de empresas, vídeos de programas de televisão etc. Como fonte documental serão usadas fotografias.

Quanto a abordagem, a pesquisa é quali-quantitativa, onde na pesquisa qualitativa preocupa-se com questões da realidade que não podem ser quantificadas, caracterizando-se por sua subjetividade. Já a pesquisa quantitativa tem como base a objetividade, e afirma que a realidade só será compreendida através da análise de dados adquiridos com uso de instrumentos.

EQUAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO DAS LAGOAS FACULTATIVAS

Para o dimensionamento do sistema de lagoas facultativas é necessário a aplicação das seguintes equações:

Projeção populacional

$$Y = 137,7 X - 268105 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

y = População, em número de habitantes;

x = Ano.

Caracterização quantitativa dos esgotos afluentes à ETE

O consumo *per capita* a ser utilizado na presente pesquisa será em função do porte da população em estudo, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Consumo *per capita* x porte da comunidade.

Porte da comunidade	Faixa da população (hab.)	Consumo per capita (L/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 – 140
Vila	5.000 – 10.000	100 – 160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110 – 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 – 220
Cidade grande	> 250.000	150 – 300

Fonte: Salla e Silva (2003); CETESB (1987); Von Sperling (2005).

Vazão doméstica média (Qdméd)

O cálculo da vazão doméstica média, apresentada por Von Sperling (2005), é:

$$Q_{d\text{ méd}} = \frac{\text{Pop} \times \text{QPC} \times R}{1000} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

Qdméd = Vazão doméstica média de esgoto (m³/d);

QPC = Quota *per capita* de água (L/hab. d);

Pop = População do ano desejado;

R = Coeficiente de retorno esgoto/água.

Vazão de infiltração (Qinf)

Segundo Von Sperling (2005), a vazão de infiltração depende das condições de instalação da rede, fator que pode causar rachaduras na tubulação. Juntas não encaixadas corretamente podem folgar ou soltar dependendo da vazão do efluente.

A equação para cálculo da vazão de infiltração é:

$$Q_{\text{inf}} = T_{\text{inf}} \times L_{\text{red}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

Qinf = Vazão de infiltração, em L/s;

Tinf = Taxa de infiltração, em L/s.km;

Lred = Comprimento da rede de esgoto, em km.

Vazão industrial (Qind)

$$Q_{\text{ind}} = Q_{d\text{ méd}} \times 0,03 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Qind = Vazão industrial, em L/s;

Qdméd = Vazão doméstica média, em L/s.

Vazões máxima e mínima (Q_{máx} e Q_{mín})

$$Q_{\max} = (Qd_{\text{med}} \times K_1 \times K_2) + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{ind}} \quad (\text{Equação 5})$$

$$Q_{\min} = (Qd_{\text{med}} \times K_3) + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{ind}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

Q_{máx} = Vazão máxima, em L/s;

Q_{mín} = Vazão mínima, em L/s;

Q_{dmed} = Vazão doméstica média, em L/s;

Q_{inf} = Vazão de infiltração, em L/s;

Q_{ind} = Vazão de industrial, em L/s.

De acordo com Von Sperling (2005) a produção de esgotos domésticos sofre mudanças ao longo do dia (variações horárias), da semana (variações diárias), e do ano (variações sazonais).

A NBR 9649 adota para os coeficientes (K) seguintes valores:

K 1 = 1,2 (coeficiente do dia de maior consumo);

K 2 = 1,5 (coeficiente da hora de maior consumo);

K 3 = 0,5 (coeficiente da hora de menor consumo).

Temperatura

Para o dimensionamento de uma ETE, deve-se conhecer a temperatura média no mês mais frio do ano (temperatura crítica para o dimensionamento).

Parâmetros de qualidade do efluente

Cálculo da carga afluente de DBO₅ (C_{DBO5})

Segundo Von Sperling (2002), o cálculo da carga afluente de DBO₅, é feito pela equação abaixo.

$$C_{\text{DBO}_5} = \frac{S_0 \times Q_{\text{max}}}{1000} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

C_{DBO_5} = Carga afluyente de DBO_5 , em kgDBO_5/d ;

S_0 = Concentração de DBO;

$Q_{\text{máx}}$ = Vazão máxima.

Taxa de aplicação superficial (L_s)

Para taxa de aplicação a equação é a seguinte:

$$L_s = 350 \times (1,107 - (0,002 \times T^{\circ}\text{min}))^{(T^{\circ}\text{min} - 25)} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

L_s = Taxa de aplicação superficial, em $\text{kgDBO}_5/\text{ha.d}$;

T = Temperatura mínima do mês mais frio do ano, ($T^{\circ}\text{mín} = 18.1^{\circ}\text{C}$).

Cálculo da área requerida (A_{lagf})

Para calcular a área requerida:

$$A = \frac{C_{\text{DBO}_5}}{L_s} \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

A = Área requerida para lagoa (ha);

C_{DBO_5} = Carga de DBO total afluyente;

L_s = Taxa de aplicação superficial ($\text{KgDBO}_5/\text{hab. d}$).

Volume da lagoa e profundidade adotada: $H_{\text{lagf}} = 1,80 \text{ m}$

Sabendo-se a profundidade da lagoa, calcula-se o volume total de acordo com a equação abaixo:

$$V_{\text{lagf}} = A_{\text{lagf}} \times H_{\text{lagf}} \quad (\text{Equação 10})$$

Em que:

V_{lagf} = Volume total em m³;

A_{lagf} = Área requerida para lagoa em m²;

H_{lagf} = Profundidade da lagoa.

Tempo de retenção hidráulica (t)

O tempo necessário para estabilização da matéria orgânica é calculado pela equação abaixo:

$$t = \frac{V_{lagf}}{Q_{max}} \quad \text{(Equação 11)}$$

Onde:

t = Tempo de retenção em dias;

V_{lagf} = Volume total da lagoa;

Q_{max} = Vazão média em m³/d.

Cálculo do coeficiente de remoção da DBO (K_T)

De acordo com Von Sperling (2002), temperaturas diferentes devem ser corrigidas o valor de K_{20} , conforme a equação abaixo.

$$K_T = K_{20} \times \theta^{(T - 20)} \quad \text{(Equação 12)}$$

Onde:

K_T = Coeficiente de remoção de DBO em uma temperatura do líquido T qualquer, em d⁻¹;

K_{20} = Coeficiente de remoção de DBO na temperatura do líquido de 20°C ($K_{20} = 0,35 \text{ d}^{-1}$, valor adotado);

θ = Coeficiente de temperatura.

Dependendo do coeficiente de remoção de DBO (K_{20}) adotado. Segundo EPA (1983), para $K_{20} = 0,35$, tem-se $\theta = 1,085$;

T = Temperatura desejada, em °C.

Estimativa da DBO solúvel efluente

Para Sperling (2002), admitindo-se o sistema de mistura completa, onde a célula não é predominantemente longitudinal, tem-se:

$$S = \frac{S_0}{1 + K_t \cdot t} \quad \text{(Equação 13)}$$

Onde:

S = DBO solúvel efluente, em mg/L;

S_0 = Concentração de DBO;

K_T = Coeficiente de remoção de DBO, em d^{-1} , a 18,1 °C;

t = Tempo de detenção.

Estimativa da DBO particulada efluente

Para cálculo da DBO_5 particulada admite-se a equação a seguir:

$$S_{pe} = SS \times S_{alga} \quad \text{(Equação 14)}$$

Onde:

S_{pe} = DBO particulada efluente, em mg/L;

SS = Sólidos em suspensão efluente;

S_{alga} = Capacidade de produção de DBO_5 por algas.

DBO total efluente

$$DBO = DBO \text{ solúvel} + DBO \text{ particulada} \quad \text{(Equação 15)}$$

Cálculo da eficiência de DBO

$$E = \frac{(S_0 - S_T) \times 100}{S_0} \quad \text{(Equação 16)}$$

Onde:

E = Eficiência, em %;

S₀ = Concentração de DBO;

S_{Te} = DBO total efluente.

Dimensões da lagoa facultativa

Serão adotadas duas lagoas em paralelo com uma relação comprimento/largura igual a 2,5 em cada lagoa.

De acordo com Von Sperling (2017), quando se faz o pré-dimensionamento das lagoas, encontra-se os valores para meia profundidade, calculados pelas equações abaixo:

$$A = L.B = (2,5. B). B \quad \text{(Equação 17)}$$

$$L = 2,5 \times B \quad \text{(Equação 18)}$$

Onde:

A_{lagf} = Área requerida;

L_{lagf} = Comprimento da lagoa facultativa, em m;

B_{lagf} = Largura da lagoa facultativa, em m.

As demais dimensões são calculadas de acordo com a inclinação adotada para o talude interno, que de acordo com Von Sperling (2017), utiliza-se as seguintes fórmulas:

Admitindo-se que o talude interno tenha uma declividade de 1:d (vert/horiz):

- (Comp. ou Larg.) no fundo = (Comp. ou Larg.) a meia altura -2d.(H/2);
- (Comp. ou Larg.) no N.A = (Comp. ou Larg.) a meia altura +2d.(H/2);
- (Comp. ou Larg.) na crista do talude = (Comp. ou Larg.) no N.A +2d. (Borda livre).

Dimensionamento dos taludes

Para o dimensionamento do talude interno, adotou-se uma inclinação de 1:2 (altura/base), e para o cálculo do talude externo a inclinação será de 1:2,5 (altura/base).

$$b_i = 2 \times H_{lagf} \quad (\text{Equação 19})$$

$$b_e = 2,5 \times H_{lagf} \quad (\text{Equação 20})$$

Sendo:

H_{lagf} = Altura da lagoa facultativa;

b_i = Comprimento da base do talude interno, em m;

b_e = Comprimento da base do talude externo, em m.

Segundo Von Sperling (2017), a largura do coroamento deve permitir a movimentação das máquinas durante a construção, o tráfego das equipes de manutenção e operação e a possibilidade de acréscimo da altura do dique.

Dimensionamento das tubulações de entrada e de saída

O diâmetro das tubulações de entrada é calculado através da equação:

$$D_{te} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{max}}{N_{te} \times V_e \times \pi}} \quad (\text{Equação 21})$$

Onde:

Q_{max} = Vazão máxima afluente, em m³/s;

V_e = Velocidade de entrada, m/s;

N_{te} = Número de tubulações;

D_{te} = Diâmetro das tubulações, em m.

O espaçamento entre as tubulações é calculado pela equação:

$$e_{te} = \frac{B_f}{N_t + 1} \quad (\text{Equação 22})$$

Onde:

e_{te} = Espaçamento entre tubulações, em m;

B_{lagf} = Largura da lagoa facultativa;

N_{te} = Número de tubulações.

Para o cálculo do diâmetro da tubulação de saída foi usada a mesma equação do cálculo de entrada.

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{max}}{N_{ts} \times V_s \times \pi}} \quad \text{(Equação 23)}$$

Logo:

Q_{max} = Vazão máxima afluyente, em m³/s;

V_s = Velocidade de entrada, em m/s;

N_{ts} = Número de tubulações;

D_{ts} = Diâmetro das tubulações, em m.

Estimativa da área total requerida

$$\text{Área total} = 1,3 \times A_{lagf} \quad \text{(Equação 24)}$$

Onde:

A_{lagf} = área requerida, em m²

Acúmulo de lodo

A taxa média para o lodo acumulado, pode variar entre 0,03 a 0,08 m³/hab.ano.

$$\text{Acúmulo de lodo} = \text{Tx de acúmulo} \times \text{Nº de habitantes} \quad \text{(Equação 25)}$$

Espessura do lodo

$$\text{Espessura} = \frac{\text{Acúmulo lodo} \frac{m^3}{\text{ano}} \times 1 \text{ ano}}{\text{Área total requerida } m^2} \quad (\text{Equação 26})$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tipo de sistema a ser adotado

Para a escolha da proposta do presente trabalho foi baseada na realidade vivida pelo município, quanto ao lançamento dos efluentes de esgotos domésticos no corpo do rio Jardim. Desse modo, apresenta aspecto desagradável, maus odores, acúmulo de materiais sedimentáveis, presença de insetos e roedores, além de criação de bovinos, suínos e aves em suas margens, como mostram as Figuras 3 e 4.

Figura 3. Características do rio Jardim.



Fonte: Menezes *et al.* (2025).

Figura 4. Ações antrópicas às margens do rio Jardim



Fonte: Menezes *et al.* (2025).

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (2013), a qualidade do esgoto bruto é certamente inferior à exigida nas legislações ambientais para lançamento em corpos aquáticos de Classe 2, uma vez que os esgotos domésticos não dispõem atualmente de qualquer estação de tratamento para remoção de poluentes.

Diante do exposto fica evidente a necessidade de sistema de tratamento de esgotos para a população residente no município.

As lagoas facultativas se adequariam melhor ao contexto local, devido aos mais variados usos das águas dos rios e riachos da região, nas quais, a população ao seu entorno utiliza para a irrigação, pesca e dessedentação de animais. Além dos aspectos operacionais a serem considerados quanto ao potencial do polimento das lagoas para os esgotos domésticos, nas quais, é favorecido pela dinâmica existente entre a microbiota associada as macrófitas aquáticas.

ESTUDOS PRELIMINARES

De acordo com Von Sperling (2005), os estudos preliminares correspondem à fase inicial de um projeto.

Projeção populacional

Tendo em vista que a ETE será projetada para um período de 20 anos, tem-se no final do projeto o ano de 2040.

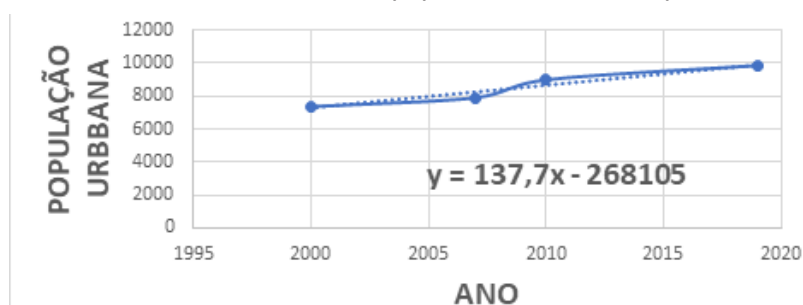
Com base nos dados de projeção populacional obtidos pelo IBGE (2017), no município de Jardim, mostrados na Tabela 4, projetou-se, com auxílio do software Excel 2016, o gráfico de crescimento populacional, conforme mostra o Gráfico 1.

Tabela 4. Crescimento populacional de Jardim

Ano	População Total	População urbana
2000	26.414	7.358
2008	26.586	7.910
2010	26.688	8.994
2019	27.174	9.866

Fonte: IBGE (2017)

Gráfico 1. Reta de crescimento populacional do município de Jardim



Fonte: Menezes *et al.* (2025)

Através de uma linha de tendência foi gerada a Equação 1, que descreve o crescimento populacional.

$$Y = 137,7 \cdot 2040 - 268105$$

$$Y = 12.803 \text{ habitantes}$$

Cálculo da vazão doméstica média (Qdméd)

A vazão de esgoto doméstico será obtida através da população de projeto obtida para o ano de 2040. O consumo de água diário médio por pessoas, para essa população foi adotado de acordo com a Tabela 3, sendo o efluente lançado na rede coletora definido a partir do coeficiente de retorno ($R = 80\%$).

Portanto, utilizando-se a Equação 2 temos:

$$Q_{dméd} = 12.803 \times 150 \times 0,8/1000$$

$$Q_{dméd} = 1.536,37 \text{ m}^3/d$$

Caracterização quantitativa dos esgotos afluentes à ETE

Para o dimensionamento da ETE em estudo, estimou-se vazões mínima, média e máxima. Porém, para o conhecimento dessas vazões foi necessário calcular as vazões industrial e de infiltração.

Vazão de infiltração (Qinf)

De acordo com PMSB (2013), Jardim possui uma rede coletora de esgoto com extensão de 14,298 km.

A taxa de contribuição de infiltração está compreendida entre 0,05 a 1 L/s.km, com base na NBR 9649 (1986). Nesta pesquisa será adotado o valor médio de 0,4 L/s.km.

Então, utilizando a Equação 3, tem-se:

$$Q_{inf} = 0,4 \times 14.298$$

$$Q_{inf} = 5,72 \text{ l/s}$$

Vazão industrial (Q_{ind})

O município de Jardim não possui indústrias, há somente uma pequena fábrica de pré-moldados, localizada dentro da cidade. Por tal razão, considerou-se a vazão de efluentes industriais como sendo 3% da vazão doméstica.

Logo, utilizando a Equação 4, temos:

$$Q_{ind} = 17,78 \times 0,03$$

$$Q_{ind} = 0,53 \text{ l/s}$$

Vazões máxima e mínima (Q_{máx} e Q_{mín})

O valor encontrado para a vazão máxima de acordo com a Equação 5, foi:

$$Q_{max} = (17,78 \times 1,2 \times 1,5) + 5,72 + 0,53$$

$$Q_{max} = 38,25 \text{ l/s}$$

E para a vazão mínima de acordo com a Equação 6, foi de:

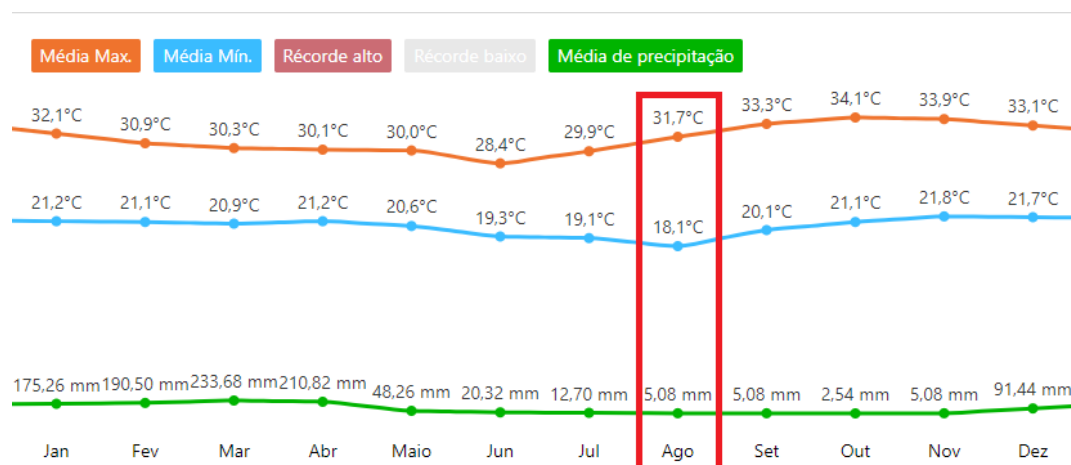
$$Q_{min} = (17,78 \times 0,5) + 5,72 + 0,53$$

$$Q_{min} = 15,14 \text{ l/s}$$

Determinação da temperatura

O gráfico fornecido pelo site de pesquisa climatológica Weather (2019), mostra a variação de temperatura anual para o município de Jardim.

Gráfico 2. Dados climatológicos anual em Jardim



Fonte: Menezes *et al.* (2025)

Tendo em vista que, deve-se conhecer a temperatura média no mês mais frio do ano, de acordo com o Gráfico 1, a temperatura crítica será de $T^{\circ} \text{mín} = 18,1^{\circ} \text{C}$.

DIMENSIONAMENTO DA LAGOA FACULTATIVA

Para a seguinte proposta realizou-se o dimensionamento de duas lagoas facultativas, como segue abaixo:

Cálculo da carga afluyente de DBO_5 (C_{DBO_5})

Para obtenção da carga afluyente, a concentração de DBO na entrada da lagoa, oriunda de esgotos domésticos, foi adotada de acordo com a Tabela 1. Então, de acordo com a Equação 7 o valor obtido é:

$$C_{\text{DBO}_5} =$$

$$C_{\text{DBO}_5} = 1.156,68 \text{ kg/d}$$

Taxa de aplicação superficial (L_s)

A taxa de aplicação superficial, foi obtido pela Equação 8.

$$L_s = 350 \times (1,107 - (0,002 \times 18,1))^{(18,1 - 25)}$$

$$L_s = 218,31 \text{ kgDBO}_5/\text{hab.d}$$

Cálculo da área requerida (A_{lagf})

A área obtida para instalação das lagoas de acordo com a Equação 9 foi:

$$A = \frac{1.156,68}{218,31}$$

$$A = 5,30 \text{ ha}$$

Cálculo do volume total da lagoa (V_{lagf})

Adotando a profundidade de 1,80 m para as lagoas facultativas, ideal para que o princípio de funcionamento do sistema seja operado de forma ótima e usando a Equação 10, temos:

$$V_{lagf} = 53000 \times 1,8$$

$$V_{lagf} = 95.400 \text{ m}^3$$

Tempo de detenção hidráulica (t)

O tempo encontrado para que a matéria orgânica estabilize, de acordo com a Equação 11 foi:

$$t = \frac{95400}{3.304,80}$$

$$t = 28,86 \text{ dias}$$

Cálculo do coeficiente de remoção da DBO (K_T)

O coeficiente de remoção de DBO, para a temperatura de 18,1 °C (temperatura média do mês mais frio) de acordo com a Equação 12 foi:

$$K_T = 0,35 \times 1,085^{(18,1 - 20)}$$

$$K_T = 0,30 \text{ d}^{-1}$$

Estimativa da DBO solúvel efluente

Utilizando-se um modelo de mistura completa representado pela Equação 13, temos:

$$S = \frac{350}{1+0,30 \cdot 28,86}$$

$$S = 36,24 \text{ mg/l}$$

Estimativa da DBO particulada efluente

Quanto a estimativa de DBO particulada (Equação 14), para presente proposta adotou-se 80 mg/L de DBO solúvel e considerando que cada 1 mg SS/L implicará numa DBO_5 em torno de 0,35 mg/L, considerando as estimativas supracitadas.

$$S_{pe} = 80 \times 0,35$$

$$S_{pe} = 28 \text{ mg/l}$$

DBO total efluente

Para obtenção desse resultado, utilizou-se a Equação 15.

$$DBO_T = 36,24 + 28 = 64,24 \text{ mg/l}$$

Cálculo da eficiência de DBO

Segundo a resolução do CONAMA nº 430 (2011), todos os sistemas de tratamento de esgoto devem possuir uma eficiência na remoção de DBO mínima de 60%, salvo em casos em que haja estudos de autodepuração do corpo hídrico comprovando o atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor. Usando a Equação 16, o valor encontrado foi:

$$E = \frac{(350 - 64,24) \times 100}{350} = 81,64 \%$$

Logo, o sistema em questão atende a este critério.

Dimensões da lagoa facultativa

Serão adotadas duas lagoas em paralelo e uma relação comprimento/largura igual a 2,5 m em cada lagoa.

$$\text{Área de 1 lagoa} = 53000/2 = 26500 \text{ m}^2$$

Dessa forma, a largura e o comprimento encontrado a meia profundidade pelas Equações 17 e 18, foram:

$$B_{lagf} = 102,96 \text{ m e } L_{lagf} = 257,39 \text{ m}$$

E para as demais dimensões foi:

Borda livre = 0,50 m (valor adotado);

Dimensões de fundo, $L = 253,70 \text{ m}$ e $B = 99,36 \text{ m}$;

Dimensões a nível da água, $L = 260,99 \text{ m}$ e $B = 106,56$;

Dimensões na crista do talude, $L = 262,99 \text{ m}$ e $B = 108,56 \text{ m}$.

Dimensionamento dos taludes

Contudo, pelas Equações 19 e 20, foram obtidos para as bases dos taludes os valores:

$$b_i = 3,6 \text{ m}$$

$$b_e = 4,5 \text{ m}$$

Dimensionamento das tubulações de entrada e de saída

De acordo com Sperling (2002), as tubulações de entrada devem assegurar uma mistura total do esgoto, também deve ser submersa, de maneira que possa evitar o surgimento de gases malcheirosos. Como foi adotado um modelo de mistura completa, as tubulações devem avançar de $1/4$ a $1/3$ do comprimento da lagoa.

Segundo Salla (2003), os dispositivos de entrada devem ser posicionados de forma que atinjam uma velocidade média maior ou igual a $0,5 \text{ m/s}$, carregando a areia depositada no assoalho da tubulação. Recomenda-se também o uso de placas de concreto embaixo da saída dos dispositivos de entrada, a fim de evitar a erosão no fundo da lagoa.

Foi adotado para esse projeto uma velocidade igual a $0,6 \text{ m/s}$ e 3 tubulações de entrada, para facilitar a homogeneização do efluente e espaçadas igualmente.

A Equação 21 determina o diâmetro da tubulação de entrada.

$$D_{te} = \sqrt{\frac{4 \times 0,03825}{3 \times 0,6 \times \pi}} = 0,164 \text{ m}$$

Como o diâmetro encontrado não é comercial, adotou-se o diâmetro de 200 mm, porém, o sistema funcionará com duas lagoas, logo cada tubulação de entrada terá 100 mm.

O espaçamento entre as tubulações é calculado pela Equação 22.

$$e_{te} = \frac{102,96}{3 + 1} = 25,74 \text{ m}$$

Para efeitos de projeto serão posicionadas a cada 26 m uma da outra.

Para o escoamento da lagoa, foi adotado uma única saída com curva de 90°, com velocidade de saída igual a $V_s = 0,8 \text{ m/s}$.

Para cálculo do diâmetro da tubulação de saída, foi usada a Equação 23 do cálculo de entrada.

$$D_{ts} = \sqrt{\frac{4 \times 0,03825}{1 \times 0,8 \times \pi}} = 0,246 \text{ m}$$

Logo, o diâmetro comercial mais próximo será 250 mm, como o sistema terá duas lagoas, o diâmetro adotado para cada tubulação de saída será 150 mm. A tubulação também será posicionada no centro da lagoa e 0,60 m abaixo do nível d'água, para evitar a saída de material flutuante.

Estimativa da área total requerida

Segundo Von Sperling (2017), a área total requerida é da ordem de 25% a 33% superior à área útil total. Assim, a área total ocupada pelo sistema de lagoas e estruturas auxiliares é :

Considerando-se 30% superior.

$$\text{Área total} = 1,3 \times 53000 = 68900 \text{ m}^2$$

Acúmulo de lodo

A taxa de acúmulo adotada para esse projeto foi de 0,05 m³/hab.ano. A quantidade de habitantes refere-se ao ano de início do projeto.

$$\text{Acúmulo de lodo} = \text{Tx de acúmulo} \times \text{nº de habitantes}$$

$$\text{Acúmulo de lodo} = 0,05 \times 10049$$

$$\text{Acúmulo de lodo} = 502,45 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Espessura do lodo

A Equação 26 mostra o resultado para um ano de projeto.

$$\text{Espessura} = \frac{502,45 \text{ m}^3/\text{ano} \times 1 \text{ ano}}{53000 \text{ m}^2}$$

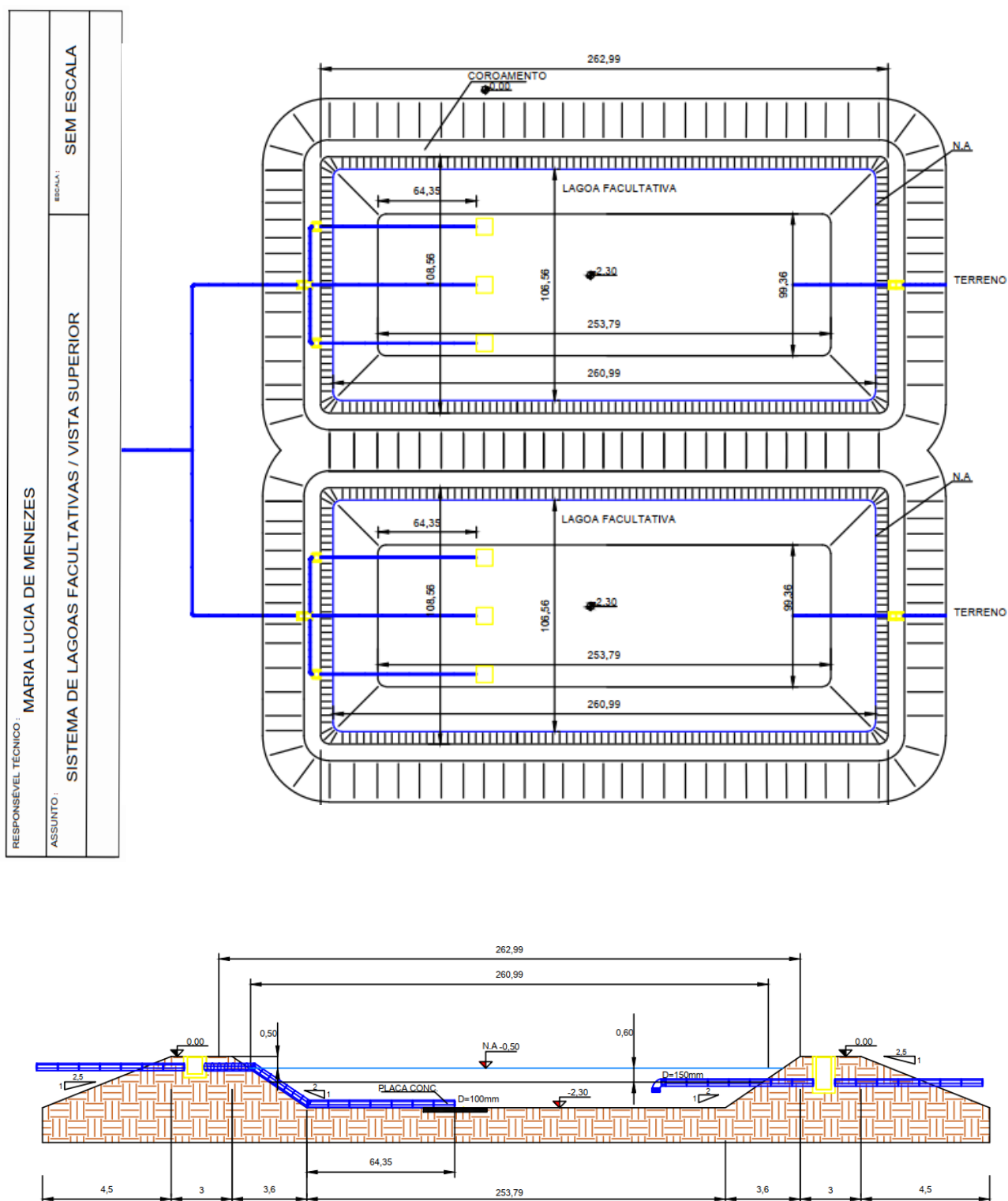
$$\text{Espessura} = 0,0095 \text{ m/ano} = 0,95 \text{ cm/ano}$$

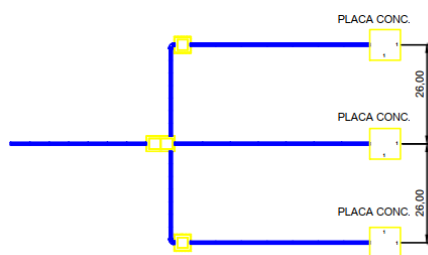
Espessura em 20 anos de operação:

$$0,95 \text{ cm/ano} \times 20 \text{ anos} = 19 \text{ cm}$$

Após 20 anos de operação, o lodo terá ocupado apenas 10,55% da profundidade útil da lagoa.

DESENHO ESQUEMÁTICO DO SISTEMA DE LAGOAS FACULTATIVAS





RESPONSÁVEL TÉCNICO: MARIA LUCIA DE MENEZES	
ASSUNTO: SISTEMA DE LAGOAS FACULTATIVAS / CORTE	ESCALA: SEM ESCALA

CONCLUSÃO

A partir dos resultados verificou-se que:

Para um período de projeto de 20 anos a população considerada, baseada no método da extrapolação gráfica foi de 12.803 habitantes. A vazão máxima de projeto foi de 38,25 L/S. Após o tratamento a contribuição de DBO a ser lançada no corpo hídrico do rio Jardim é de 64,24 mg/L, valor dentro dos padrões de aceitação do CONAMA nº 430/2011.

Ao dimensionar o sistema de lagoas facultativas, foram obtidos resultados teóricos de eficiências de remoção de DBO de 81,64%.

O sistema de lagoas requer uma grande extensão para a implantação, cerca de 5,30 hectares, valor calculado para este projeto, considerando as áreas de tratamento preliminar e áreas administrativas, o que pode ser um ponto negativo para sua instalação.

Para facilitar a homogeneização dentro do sistema proposto, foram adotadas três tubulações de entrada com 1/4 do comprimento das lagoas, para cada uma das lagoas facultativas. Para a saída, foi adotado uma única tubulação posicionada no centro das lagoas.

Quanto aos resultados obtidos de acúmulo de lodo (502,45 m³/ano), espessura do lodo (19 cm de espessura) e com uma ocupação de apenas 10,55% da profundidade útil da lagoa em 20 anos de operação, é possível verificar a distribuição do lodo no interior das lagoas facultativas, prevenindo prováveis pontos de acúmulos desse material nos dispositivos de entrada e saída.

Os sistemas de lagoas facultativas realizam remoções bastante otimizadas de matéria orgânica, sólidos e nutrientes devido ao bom desempenho operacional no tratamento de esgotos. Por essa razão, e devido a realidade do município quanto aos usos múltiplos das águas do rio Jardim, torna-se perceptível que esse tipo de sistema de tratamento de esgotos se caracteriza como uma alternativa ambiental e econômica viável.

Para futuros trabalhos sugere-se:

- A utilização de outros modelos matemáticos que para estimativa da população de alcance de projeto;
- O dimensionamento das etapas preliminares para tratamento dos esgotos;
- Um estudo da área para futura instalação da ETE, analisando critérios topográficos e hidrogeológicos;
- O dimensionamento de lagoas de maturação, para verificação da eficiência na remoção de coliformes termotolerantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. NBR 9649. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

AL-HASHIMI, M. A. I.; HUSSAIN, H. T. Stabilization Pond for Wastewater Treatment. **European Scientific Journal**, v. 9, n. 14, p. 278–294, 2013.

ARCEIVALA, S. J. **Wastewater treatment and disposal**. Marcel Dekker, New York e Basileia. 892 p, 1981.

CONAMA 430. **Resolução nº 430/2011 – Padrões de lançamento de efluentes**. Complementa e altera a Resolução N o 357/2005. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Distrito Federal, Brasília, 13 de maio de 2011.

CROSS, J. W. 2006. **The charms of duckweed**. Disponível em: <http://www.mobot.org/jwcross/duckweed/duckweed.htm>. Acesso em: 03 jun. 2025.

da SILVA, F. J. A.; SILVA, S. A. **Lagoas de estabilização no Ceará: prospecto e tendências**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro: ABES, 1999.

EPA. **Design Manual. Municipal wastewater stabilization ponds**. United States Environmental Protection Agency: 1983, 327 p.

FERNANDES F. SILVA.; SILVA, C. P. Manual Prático para a compostagem de biossólidos. 1. ed. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI C. V. Produção e características de biossólidos. In: Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura, 1., 1999, Anais, Curitiba: SANEPAR, 1999.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2002.

GARCIA-RODRÍGUEZ, A.; MATAMOROS, V.; FONTÀS, C.; SALVADÓ, V. The ability of biologically based wastewater treatment systems to remove emerging organic contaminants: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, n. 20, p. 11708–11728, 2014.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Universidade federal do Rio Grande do Sul, 2009. grade – Aula 03 da disciplina GCI073 (Tratamento de águas residuárias). 2017.

GEWER, A. G. **Ecoeficiência de Estações de tratamento de esgoto**: Índice de lodo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Rio Grande do Sul. Trabalho de conclusão de curso. 74p. 2009.

Gráfico climatológico. Jardim-CE, 2019. Disponível em: <https://weather.com/pt-BR/clima/mensal/l/de9caaa3268bffd40e203dcb743befe1ef84688ff364e736872e402461067511/>. Acesso em: 03 jun. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal - Jardim**. Fortaleza: IPECE, 2018. Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/index_perfil_basico.htm.

JAIL, A.; BOUKHOUBZA, F.; NEJMEDDINE, A.; SAYADI, S.; HASSANI, L. Cotreatment of olive-mill and urban wastewaters by experimental stabilization ponds. **Journal of Hazardous Materials**, v. 176, n. 1-3, p. 893–900, 2010.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

MAHMOOD, Q.; PERVEZ, A.; ZEB, B. S.; ZAFFAR, H.; YAQOUB, H.; WASEEM, M.; ZAHIDULLAH; SUMERA, A. Natural treatment systems as sustainable ecotechnologies for the developing countries. **BioMed research international**, v. 2013, p. 19, 2013.

MARA, D. D.; ALABASTER, G. P.; PEARSON, H. W.; MILLS, S. W. **Waste staibilisation ponds**. A design manual for Eastern Africa. Lagoon Technology International. Leeds. 1992, 121 p.

MELO, W. J; MARQUES, M. O. O potencial do lodo como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000.p. 109 a 142.

METCALF, B.; EDDY, I. N. C. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse**. 3ª ed., 765-926, New York: McGraw-Hill. E.U.A. 1991.

Plano Municipal de Saneamento Básico. Disponível em: https://www.cidades.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2013/10/pmsb_jardim_consolidado_vol-3.pdf

RIOS, E. N. **Caracterização e comportamento de uma série de lagoas de polimento tratando esgotos sanitários**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2007. 127 p.

SALLA, M. R. Tratamento preliminar – Dimensionamento da caixa de areia e SILVA, L.

M. **Avaliação da eficiência de sistema não convencional de esgotos sanitários e do impacto dos efluentes no corpo receptor.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.** 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2005a.

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lagoas de Estabilização.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG, 2005c

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DO ASPECTO ECONÔMICO E AMBIENTAL DE TANQUE SÉPTICO CONVENCIONAL E PRÉ-MOLDADO PARA ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE MILAGRES-CE

Carlos Gardel Belém Dantas Luna¹;

Centro Universitário Paraíso (UniFAP) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/1559355661852498>

Joselania Gonçalves Rats²;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7633732641057594>

Jefferson Macedo do Nascimento³;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5508143271957474>

José Ricardo Temoteo Monte⁴;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2889829481020627>

Joaquim Rodrigues da Silva Neto⁵;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8662641105797350>

Maria Wesline Cardoso Viana⁶;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2198750887845635>

Sarah Luana Maia do Nascimento⁷;

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici.

<http://lattes.cnpq.br/3133681234721596>

Rildson Melo Fontenele⁸;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

Anielle dos Santos Brito⁹.

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

RESUMO: O presente capítulo aborda uma análise da principal fonte poluidora dos corpos hídricos e do meio ambiente que é o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento. Este cenário é bastante crítico em vários municípios do Cariri cearense, principalmente nas zonas rurais onde inexistem os serviços de saneamento básico, identificando-se dessa forma, uma contribuição para problemática de segregação espacial e desigualdade social. Diante do exposto, objetivou-se analisar comparativamente, sob a ótica econômica e ambiental, o sistema de tanque séptico convencional e pré-moldado para residências unifamiliares situadas na zona rural de Milagres, Ceará. A estimativa das vazões dos esgotos domésticos foi realizada com base nos critérios adotados pelo Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e Tabela 1 da NBR 7229/93, para residências de padrão baixo, com 5 pessoas e um consumo *per capita* de 100 L/hab.dia, e a partir desses dados de entrada foi realizado o dimensionamento do tanque séptico, seguido de filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro de acordo com as normas da ABNT, e posterior comparação entre cada orçamento. Foi verificado que o sistema tanque séptico, seguido de filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro em alvenaria seria mais viável, resultando em um orçamento total de R\$ 2697,54, e por se tratar de um sistema que mais se enquadra com a realidade da região da zona rural de Milagres.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico. Tecnologia sustentável. Tratamento de esgoto. Viabilidade técnica.

ANALYSIS OF THE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF CONVENTIONAL AND PRE-CAST SEPTIC TANK FOR RURAL AREAS IN THE MUNICIPALITY OF MILAGRES-CE

ABSTRACTS: This chapter addresses an analysis of the main source of pollution of water bodies and the environment, which is the discharge of untreated domestic sewage. This scenario is quite critical in several municipalities in the Cariri region of Ceará, especially in rural areas where basic sanitation services do not exist, thus identifying a contribution to the problem of spatial segregation and social inequality. In view of the above, the objective was to

comparatively analyze, from an economic and environmental perspective, the conventional and precast septic tank systems for single-family homes located in the rural area of Milagres, Ceará. The estimate of domestic sewage flow rates was performed based on the criteria adopted by the 1 Million Rural Cisterns Program (1MRCP) and Table 1 of NBR 7229/93, for low-standard residences, with 5 people and a per capita consumption of 100 L/inhab.day. Based on these input data, the septic tank was sized, followed by an anaerobic biological filter with upward flow and a sump according to ABNT standards, and each budget was subsequently compared. It was found that the septic tank system, followed by an anaerobic biological filter with upward flow and a masonry sump would be more viable, resulting in a total budget of R\$ 2,697.54, and because it is a system that best fits the reality of the rural area of Milagres.

KEY-WORDS: Basic sanitation. Sewage treatment. Sustainable technology. Technical feasibility.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a principal fonte de poluição dos corpos hídricos superficiais decorrentes do crescimento urbano é o lançamento de esgoto doméstico não tratado. O esgoto gerado por 45% de toda a população brasileira não recebe qualquer tipo de tratamento, aumentando os riscos de poluição e contaminação de rios, lagos e outros mananciais onde os rejeitos são lançados (O Globo, 2017).

O Ceará é o quarto Estado do Nordeste em produção de carga orgânica não coletada e não tratada, por dia. Para agravar a situação, cerca de 91,4 toneladas de esgotos diários não são recolhidas no Estado cearense, ficando atrás da Bahia (183,1 t/dia), Pernambuco (175,9 t/dia) e Maranhão (183,1 t/dia) (Atlas Esgoto, ANA 2017).

Com base nesses dados, é perceptível que os investimentos em coleta, transporte e tratamento dos esgotos domésticos alcançam cada vez mais índices desfavoráveis com reflexos nas condições de saúde pública da população não atendida, como também impactos aos corpos receptores, propiciando doenças de veiculação hídrica e desequilíbrio ao ecossistema aquático.

É importante salientar que este cenário é bastante crítico em vários municípios do Cariri cearense. À medida que as áreas urbanizadas possuem infraestrutura de saneamento básico deficiente, principalmente no quesito de tratamento dos esgotos, nas zonas rurais basicamente inexistem tais serviços, identificando-se dessa forma, uma contribuição para problemática de segregação espacial e desigualdade social.

Em Milagres, localizada no Sul do Estado do Ceará, a insalubridade ambiental ocasionada pelo lançamento de esgotos à céu aberto é comum no centro da cidade e esta situação de desconforto agrava ainda mais em áreas distantes desses centros. Essa situação é preocupante, visto que, além de trazer riscos à saúde da população por

verminoses e parasitoses, os esgotos acabam poluindo o solo e as microbacias, afetando as atividades econômicas locais.

A Resolução CONAMA nº 430/2011 dispõe sobre as condições e lançamento de efluentes, estabelecendo em seu artigo 3º que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento, atendendo aos padrões exigíveis.

Segundo dados da Secretaria de Saúde Municipal de Milagres (2019), o índice de diarreia aumenta consideravelmente pela falta de infraestrutura de serviços de saneamento básico, principalmente pelo lançamento de esgotos sem tratamento diretamente no solo.

Apesar do município de Milagres possuir uma população de 25.900 habitantes (IBGE, 2022), a não existência de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) e nem ao menos um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), gera por consequência, uma carência de ações voltadas às políticas públicas na região, contribuindo desta forma, para deficiência desses serviços, inclusive de um sistema de esgotamento sanitário eficiente.

Outra problemática refere-se a rede de drenagem natural, o Riacho dos Porcos, que acaba recebendo diariamente elevadas cargas orgânicas devido aos lançamentos de esgotos domésticos e industriais, especificamente matadouros, sem nenhum tipo de tratamento prévio, afetando direta e indiretamente, as populações ribeirinhas e as atividades econômicas locais.

Nesse sentido, é possível minimizar o lançamento de esgotos domésticos em áreas rurais por meio de sistemas que reduzem a carga poluidora, considerando como principal critério de escolha da tecnologia adequada, a realidade local, os aspectos ambientais, econômicos e sociais, para tomada de decisão quanto às questões de sustentabilidade.

Dessa forma, objetivou-se analisar comparativamente, sob a ótica econômica e ambiental, o sistema de tanque séptico convencional e pré-moldado para residências unifamiliares situadas na zona rural de Milagres, Ceará.

REFERENCIAL TEÓRICO

Saneamento rural

Tangencia-se salientar que o meio rural é heterogêneo, pois ele tem uma constituição variada de comunidades, com especificações próprias variando em cada região do Brasil, as quais exigem formas particulares de intervenção em saneamento básico, comumente quanto as questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações. (Panorama do saneamento rural no Brasil, 2017).

No âmbito nacional, a Lei de Saneamento Básico, de nº 11445/2007, no artigo 48, estabelece *“garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características*

econômicas e sociais peculiares”. No artigo 49, expõe que se deve “*proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados*”. Determina também a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico, ele abrange o Saneamento Básico Integrado, Saneamento Rural e Saneamento estruturante.

Outra estratégia do governo federal é o Programa Nacional de Saneamento Rural, que se refere ao saneamento como meio de promover saúde, erradicar a pobreza e promover desenvolvimento rural solidário sustentável, interligando dessa forma saneamento, meio ambiente e saúde.

Visto que a Lei Federal não tem uma definição clara, assim como na constituição, de quem seriam os titulares do serviço de saneamento, se estados ou municípios, no Ceará a Lei que rege as responsabilidades da promoção e fiscalização do saneamento (nº 14394/2009) deixa duas opções disponíveis, sendo estas: o município não define uma entidade reguladora, sendo atribuída essa responsabilidade a ARCE (Agência Reguladora de Serviços do Estado do Ceará), que concede a prestação de serviço a CAGECE (Companhia de Água e Esgotos do Ceará), ou alguma autarquia municipal para prestação de serviços de água e esgotos, no caso de Milagres o órgão incumbido para isso é a AMAEM (Autarquia Municipal de Água e Esgotos de Milagres).

Tanques sépticos

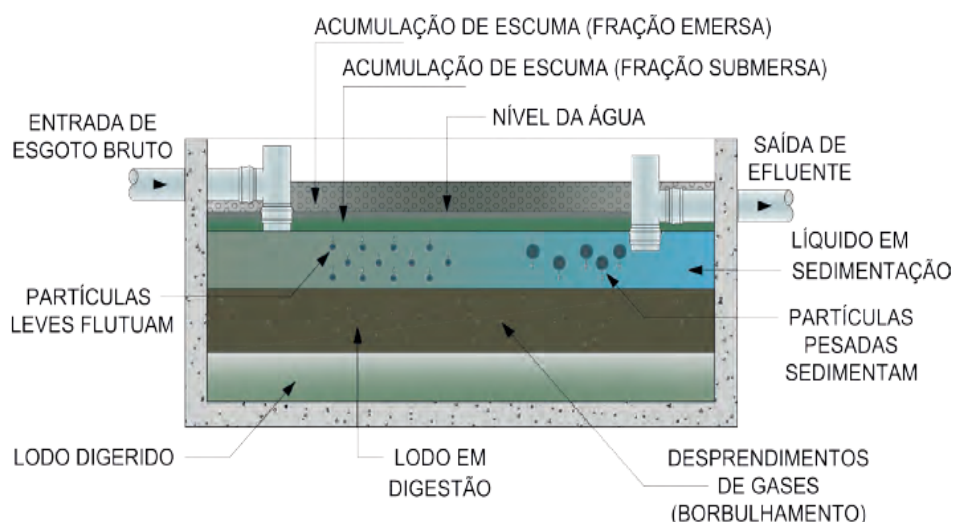
De acordo com a NBR 7229/93 da ABNT, são apresentadas as diretrizes exigíveis de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado.

“O tanque séptico (TS) é considerado um bom reator para o tratamento primário dos esgotos, se dimensionado e implantado adequadamente, além de ser de fácil operação, construção e baixo custo econômico” (Manual da FUNASA, 2015).

O princípio de funcionamento dos tanques sépticos baseia-se na união das funções dos decantadores e digestores em um mesmo conjunto, evidenciando a ocorrência de várias funções paralelamente, como no caso, da decantação, sedimentação, flotação dos sólidos dos esgotos, aviltamento e absorção dos sólidos sedimentados e do material flutuante. Sendo ainda proporcionado o tratamento anaeróbio da fase líquida, conforme a mistura natural do lodo com os esgotos.

Na Figura 1 encontra-se um esboço desse funcionamento (ADAMS, 2012).

Figura 1. Funcionamento geral de um tanque séptico.



Fonte: Manual da FUNASA (2015).

Conforme a NBR 7229/93 da ABNT, “O uso do sistema de tanque séptico somente é indicado para:

- a) Área desprovida de rede pública coletora de esgoto;
- b) Alternativa de tratamento de esgoto em áreas providas de rede coletora local;
- c) Retenção prévia dos sólidos sedimentáveis, quando da utilização de rede coletora com diâmetro e/ou declividade reduzidos para transporte de efluente livre de sólidos sedimentáveis”.

“Alguns critérios são considerados imprescindíveis para o bom funcionamento do tanque séptico, como a altura mínima interna de 1,20 m e o correto posicionamento dos septos de entrada e saída. Estes critérios permitem que o lodo se acumule no interior do tanque séptico, estabelecendo o processo de sedimentação, e após algum tempo de funcionamento, o processo de digestão anaeróbia. Estes são os dois principais processos de tratamento dos esgotos em um tanque séptico, e observa-se sua relação direta com o lodo acumulado em seu interior”. (Operação e Manutenção de Tanques Sépticos-Lodo, 2014).

Diante de estudos já realizados, pode-se determinar a eficiência de fossas sépticas individuais e de câmara dupla, quando projetadas e executadas de forma satisfatória, as quais conseguem alcançar níveis elevados de remoção de alguns parâmetros, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de eficiência entre câmaras únicas e duplas de fossas sépticas.

Parâmetro/Eficiência	Câmara única	Câmara dupla
DBO ₅	40 a 60%	62%
DQO	30 a 60%	57%
Sólidos sedimentáveis	50 a 70%	56%
Óleos e graxas	70 a 90%	55%
Coliformes totais	-	-

Fonte: Nuvolari (2011).

O tanque séptico constitui-se em uma solução técnica, com tratamento compatível à sua simplicidade e custo; por se tratar de um sistema estanque, a sua utilização minimiza a contaminação do solo e do lençol freático. (Rios, 2010).

Alternativas para pós-tratamento de efluentes provenientes de tanques sépticos

Filtros de areia

Segundo a NBR 13969/97 da ABNT, caracteriza-se filtro de areia como um tanque preenchido de areia e outros meios filtrantes, com fundo drenante e com esgoto em fluxo descendente, onde ocorre a remoção de poluentes, tanto por ação biológica quanto física.

Para dimensionamento de filtros de areia adotam-se alguns critérios, como, a taxa de aplicação para calcular a área superficial limita-se a 100 L/dia x m², sendo para aplicação direta dos efluentes do tanque séptico, e 200 L/dia x m² para efluente do processo aeróbio de tratamento. Já em locais cuja temperatura média mensal de esgoto é inferior a 10°C, as taxas citadas anteriormente devem ser limitadas, respectivamente, a 50 L/dia x m² e 100 L/dia x m².

Possui características peculiares quanto ao método construtivo as quais devem atender os seguintes dispositivos:

- a) Sobre a superfície do filtro aberto de areia devem ser admitidas somente as águas das precipitações pluviométricas diretas;
- b) Não devem ser permitidas percolações ou infiltrações de esgotos ao meio externo ao filtro de areia;
- c) Conforme a necessidade local, pode ser empregado o filtro compacto pré-fabricado de pressão em substituição ao filtro aberto. (NBR/ABNT 13969/97).

É de grande importância salientar que o filtro de areia deve ser operado de modo a manter a condição aeróbia no seu interior. E quanto a manutenção dos filtros de areia

deve-se obedecer que quando um dos filtros se encontrar em repouso, naquele deverá ser feita a manutenção a qual procederá com a raspagem e remoção do material depositado na superfície.

Filtro biológico anaeróbio

Conforme a NBR 13969/97 da ABNT, destaca-se filtro anaeróbio como um reator biológico com esgoto em fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submersos, onde atuam microrganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.

Tendo como funcionamento consistente em um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microrganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Este é utilizado mais como retenção dos sólidos.

A variação de temperatura é responsável por afetar todo processo anaeróbio, deixando a sua aplicação com meios mais criteriosos. O processo é eficiente na redução de cargas orgânicas elevadas, desde que as outras condições sejam satisfatórias. Os efluentes do filtro anaeróbio podem exalar odores e ter cor escura.

No dimensionamento do filtro biológico destacam-se vários critérios, como, o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L, a altura do leito filtrante, já incluindo a altura do fundo falso, deve ser limitada a 1,20 m, e a altura do fundo falso deve ser limitada a 0,60 m, já incluindo a espessura da laje.

Sumidouros

De acordo com a NBR 13969/97 da ABNT, o sumidouro é a unidade de depuração e de disposição final do efluente de tanque séptico verticalizado em relação à vala de infiltração. Devido a esta característica, seu uso é favorável somente nas áreas onde o aquífero é profundo, onde possa garantir a distância mínima de 1,50 m (exceto areia) entre o seu fundo e o nível aquífero máximo. Tratando ainda da questão da profundidade, foram utilizados os parâmetros do Quadro 1 para determinar a mesma, através de um pré-dimensionamento.

Conforme a NBR 13969/97 da ABNT, os critérios e as considerações principais seguem aquelas relativas às da vala de infiltração, exceto no que tange ao processo aeróbio, uma vez que se torna difícil manter aquela condição no interior do poço. Por esta razão, a obstrução das superfícies internas do sumidouro é mais precoce. Na ocasião da substituição por outro poço, recomenda-se a exposição ao ar livre das paredes internas do sumidouro substituído, durante pelo menos seis meses, tomando-se o cuidado de não ocorrer acidentes, para permitir a recuperação da capacidade de infiltração.

Quadro 1. Coeficiente de infiltração.

FAIXA	CONSTITUIÇÃO PROVÁVEL DO SOLO	COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO L/M ² xdia ¹¹	ABSORÇÃO RELATIVA
1	Rochas, argilas compactas de cor branca cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada	menor que 20	Impermeável
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marron medianamente compactas, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40	Semi-impermeável
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areias argilosas ou siltes argilosos de cor amarela, vermelha ou marron	40 a 60	Vagarosa
4	Areia ou silte argiloso, ou solo arenoso com húmus e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes	60 a 90	Média
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalhos	maior que 90	Rápida

Fonte: Jesus (2011).

METODOLOGIA

Delineamento da pesquisa

O trabalho foi desenvolvido por base de pesquisa qualitativa, baseadas em pesquisas bibliográficas em artigos, dissertações e teses, para melhor embasamento teórico sobre o tratamento dos esgotos e seu dimensionamento.

Foram utilizados como fonte, os dados disponibilizados em sites como IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010 e IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará 2012 e 2017, além de normas da ABNT como as NBRs 13969/97 e 7229/93, para dimensionamento e caracterização dos meios de tratamentos propostos.

Destaca-se também a pesquisa como quantitativa porque está relacionada a pesquisa de campo, coleta de dados junto a Secretaria Municipal de Saúde de Milagres, AMAEM (Autarquia Municipal de Água e Esgotos de Milagres), Casa Civil da Prefeitura Municipal de Milagres e visitas de campo para conhecimento da realidade local.

Localização da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no município de Milagres, com uma área de 546,64 Km², localizada na região sul do Estado do Ceará, com sede municipal na posição geográfica 7° 18' 48" de latitude ao sul e 38° 56' 44" de longitude ao oeste, conforme Figura 2 (IPECE, 2012).

Figura 2. Mapa de localização e acesso do município de Milagres



Fonte: Instituto de Pesquisa Estratégica Econômica do Ceará-IPECE (2002)

A zona rural do município de Milagres é composta por 82 sítios e 4 distritos, conforme informações coletadas no mapeamento do Projeto Atlas de Divisas Municipais Georreferenciadas do Estado do Ceará, conforme Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Relação dos sítios que pertencem a zona rural do município de Milagres.

SÍTIOS			
Água Vermelha	Carnaúba dos Patrícios	Manoel Alves	Poço do Boi
Alto da Areia	Carnaubinha	Mata	Rama
Aningas	Coqueiro	Melo	Rompe Gibão
Baixio do Lima	Corredores	Moquém	Saco
Barreiro Branco	Ema	Morcego	Salobro
Barreiros	Esmeralda	Mororó	Santa Catarina
Batedor	Exu	Nazaré	São Domingos
Belém	Feijão	Oitis	Serra Brava
Boa vista	Gameleira	Olho D'água	Tabocas
Brejinho	Geral	Olho D'água Cercado	Taboquinha
Brejo Seco	Jenipapeiro	Olho D'água Comprido	Tamanduá
Cabeça do Boi	Jorge	Olho D'água da Igreja	Tanques
Cabeceiras	Juazeirinho	Olho D'água da Vaca	Tinguizinho
Cajazeirinha	Junco	Olho D'água do Chico	Triângulo
Cajueiro	Jurema Grande	Olho D'água dos Cavalos	Unha de Gato
Cajuí	Jureminha	Passagem de Pedra	Valdivino

Caneira	Lagoa de São Domingos	Pau dos Ferros	Varjota
Canto do Mel	Lagoa do Mato	Picada	Varzinha
Capim	Malhada	Pilar	Veneza
Caracol	Mamoeiro	Poço Cercado	Vila Carrapicho
Carnaúba	Mandacaru		

Fonte: Prefeitura Municipal (2019)

Tabela 3. Relação dos distritos que pertencem a zona rural do município de Milagres-CE

DISTRITOS
Café da Linha
Fronteiro
Padre Cícero
Rosário

Fonte: Prefeitura Municipal (2019)

Características da zona rural de Milagres

Número de pessoas por domicílio

Iniciado em julho de 2003, o Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do Semiárido, através do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, envolvimento e capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. Os beneficiários deste programa federal são famílias residentes na zona rural dos municípios da região semiárida brasileira, sem fonte de água potável nas proximidades de suas casas, ou com precariedade nas fontes existentes (ASA, 2019).

Conforme o Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), uns dos critérios adotados para que famílias sejam contempladas com as cisternas de placas é que em cada domicílio rural tem uma média de cinco pessoas.

Vazões dos esgotos domésticos

Para determinar a vazão dos esgotos domésticos é necessário fazer a relação entre o número de pessoas a serem atendidas, representada pela letra N, e a contribuição de despejos em litros/hab.dia, representada pela letra C conforme Tabela 1 da NBR 7229/93.

Para esse capítulo, será considerado um padrão baixo, devido à localização das futuras instalações situarem-se em zona rural, tanto pela elevada escassez de água, quanto à falta de rede de distribuição de água tratada e baseando-se no Programa de 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), na qual, utiliza como critério um padrão familiar de 5 pessoas.

Tanque séptico

Os parâmetros a seguir, são discriminados conforme o conjunto de Tabelas da NBR 7229/93. Sendo exposto na Tabela 1 a contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (L_f) por tipo de prédio e de ocupante.

Na Tabela 2, está presente a relação do período de retenção dos despejos (T), por faixa de contribuição diária em litros.

Já na Tabela 3, encontra-se a taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio. Por fim, na Tabela 4, encontra-se a profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil.

Conforme a NBR 7229/93, segue a Equação 1 para o cálculo do volume do tanque séptico:

$$V = 1000 + N (C \cdot T + K \cdot L_f) \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

N = Número de pessoas a serem atendidas;

V = Volume útil, em litros;

C = Contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia;

T = Período de retenção, em dias;

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco;

= Contribuição de lodo fresco, em litros/pessoa x dia ou litro/unidade x dia.

De acordo com a Tabela 4 da NBR 7229, determina-se a largura (L), comprimento (B) a partir da profundidade útil (h) estimada em função do volume útil e da largura interna mínima (w), conforme o roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro, adotou-se a Equação 2 (Fernandes, 2019).

$$L = V/(h \cdot w) \quad \text{Equação (2)}$$

A relação L/W de 2:1 a 4:1, onde o comprimento será duas a quatro vezes a largura. Dessa forma, tem a Equação 3, conforme o roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro:

$$\text{Relação} = L/(w) \quad \text{Equação (3)}$$

Sumidouro

Para dimensionamento do sumidouro, fez-se uso das equações extraídas do roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro que seguem abaixo, sendo a Equação 4 utilizada para calcular o volume de esgoto da residência. Com a Equação 5, calcula-se a área das paredes do sumidouro. Já com a Equação 6, determina-se a profundidade do sumidouro, e a Equação 7, o volume do mesmo (Fernandes, 2019).

$$V_e = N \times C \quad \text{Equação (4)}$$

$$A_f = V_e / C_i \quad \text{Equação (5)}$$

$$A_f = \pi \times D \times h \quad \text{Equação (6)}$$

$$V = (\pi \times D^2) / 4 \times h \quad \text{Equação (7)}$$

3.7 Filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente

O volume útil do leito filtrante V_u , em litros, é obtido pela equação (8), conforme a NBR 13969/1997:

$$V_u = 1,6 \times N \times T \times C \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

N = Número de contribuintes;

C = Contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia;

T = Período de retenção, em dias.

A altura do fundo falso equivale a 0,60 m, contando com a espessura da laje, e a altura do leito filtrante, incluindo-se a altura do fundo falso, limita-se a 1,20 m. A norma estabelece ainda que o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L.

A altura total do filtro anaeróbico, em metros, é obtida pela Equação (9), conforme a NBR 13969/1997:

$$H = h + h_1 + h_2 \quad \text{Equação (9)}$$

Sendo que:

H - Altura total interna do filtro anaeróbio;

h - Altura total do leito filtrante;

h₁ - Altura da calha coletora;

h₂ - Altura sobressalente (Variável).

Para dimensionamento do filtro anaeróbio, baseou-se nas Tabelas da NBR 13969/97, adotando os seguintes parâmetros:

- Para o cálculo da contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (C), baseou-se na Tabela 3 da NBR 13969/97;
- Para o período de detenção, em dias (T), utiliza-se a Tabela 4 da NBR 13969/97;
- Para determinar a altura total do filtro anaeróbio, em metros, orienta analisar o anexo B, Figura B.5 da NBR 13969/97.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dimensionamento do tanque séptico

Para o dimensionamento do sistema, os parâmetros de projeto foram adotados conforme Tabelas 1, 2 e 3 presentes na NBR 7229 (1993). Admitindo-se 5 pessoas por residência, que o sistema será dimensionado para residências de baixo padrão, local apresenta temperatura média maior que 20° no mês mais frio e serão feitas limpezas a cada 4 anos. Foram obtidos os seguintes resultados: C = 100 L/pessoa.dia e $L_f = 1$.

Na obtenção do período de detenção (T), conforme a Tabela 2 da NBR 7229, foi necessário usar a relação entre a quantidade de pessoas e a contribuição diária de esgotos: $N \times C = 5 \times 100 = 500 \text{ L/dia}$.

Estabelecendo a contribuição diária (T) até 1500 L, e obtendo um tempo de detenção hidráulico, será de 1 dia.

Para a taxa de acumulação total de lodo (K), usa-se a Tabela 3 da NBR 7229, e no projeto, adota-se um intervalo de limpeza de 4 anos, com uma temperatura (t) superior a 20 °C, obtêm-se o K = 177.

Nesse sentido, calcula-se o volume útil do tanque séptico:

$$V = 1000 + N (C.T + K.L_f)$$

$$V = 1000 + 5 (100.1 + 177.1)$$

$$V = 2.385 \text{ litros} = 2,4 \text{ m}^3$$

A profundidade útil será na faixa de $1,20 \leq h \leq 2,20$ m para volume útil de até 6 m^3 . Ao adotar uma profundidade útil $h = 1,2$ m, e $w = 1,0$ m, encontrou o seguinte comprimento, conforme Equação 8:

$$L = 2,4/(1,2 \times 1,0)$$

$$L = 2 \text{ m}$$

A relação L/W de 2:1 a 4:1:

Relação = 2/1

A altura total (H) foi obtida pelo acréscimo do valor da borda livre ao tanque séptico, na qual foi adotado 0,25m, perfazendo uma altura total ($h+0,25\text{m}$) de 1,45 m.

Dimensionamento do sumidouro

Para o cálculo do volume de contribuição de esgoto da residência, tem-se:

$$V_e = 5 \text{ hab} \times 100\text{L/hab.dia} = 500\text{L/dia}$$

Quanto a área das paredes do sumidouro (A_f) e coeficiente de infiltração (C_i) de água no solo, adotou-se o coeficiente de $75\text{L/m}^2.\text{dia}$, conforme Tabela 7 da NBR 7229.

$$A_f = V_e / C_i$$

$$A_f = 500/75 \approx 6,67\text{m}^2$$

Para a determinação da profundidade do sumidouro, adotou-se o diâmetro de 1,2 m, portanto, têm-se:

$$A_f = \pi \times D \times h$$

$$6,67 = \pi \times 1,2 \times h$$

$$h = 1,769 \approx 1,8\text{m}$$

$$V = (\pi \times D^2)/4 \times h$$

$$V = (\pi \times 1,2^2)/4 \times 2$$

$$V = 2,262\text{m}^3 \approx 2,3$$

Tabela 4. Dimensões do tanque séptico e sumidouro

	Largura/Diâmetro(m)	Comprimento(m)	Altura(m)	Volume(m³)
Tanque séptico	1,0	3,0	1,2	2,4
Sumidouro	1,2	-	1,8	2,3

Fonte: Luna *et al.* (2025)

Dimensionamento do filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente

Para calcular o volume útil do filtro, basou-se nos parâmetros estabelecidos na NBR 13969/97.

Conforme a Tabela 3 da NBR 13969, que especifica a contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e de ocupantes, taxa-se que a casa de padrão baixo possui uma contribuição de 100L/pessoa. No entanto, a contribuição será $C = 100\text{L/pessoa}$, portanto utilizou-se a seguinte relação:

$$N \times C = 5 \times 100 = 500 \text{ litros}$$

Para que possa ser dimensionado o período de detenção baseado na Tabela 4 da NBR 13969, vazão de até 1500 L/dia e uma temperatura do mês mais frio entre 15 °C e 25 °C, o período de detenção é de 1 dia.

Com esses dados, calcula-se o volume útil do leito filtrante (V_u), em litros:

$$V = 1,6 \times N \times C \times T$$

$$V = 1,6 \times 5 \times 100 \times 1$$

$$V = 800 \text{ L} = 0,8 \text{ m}^3$$

Conforme nota da NBR 13969, o volume útil mínimo do leito filtrante deve ser de 1000 L. Em relação à altura do leito filtrante, já incluindo a altura do fundo falso, deve ser limitada a 1,20 m. De acordo com a norma supracitada, a altura do fundo falso deve ser limitada a 0,60 m, já incluindo a espessura da laje.

Entretanto, adotou-se um diâmetro útil = 1,16 m e uma altura = 1,20 m. Assim, calcula-se a área:

$$A_c = \pi \times r^2$$

$$A_c = \pi \times 0,58^2$$

$$A_c = 1,0568 \approx 1,06 \text{ m}^2$$

Dimensões de projeto:

$$\text{Área} = 1,06 \text{ m}^2$$

$$\text{Profundidade} = 1,2 \text{ m}$$

Com esses dados, pode-se obter o volume:

$$\text{Área} \times \text{Profundidade} = 1,06 \times 1,2 = 1,27 \text{ m}^3$$

Importante lembrar que para o filtro anaeróbio deve obedecer ao mesmo período de limpeza da fossa séptica, no caso, como dimensionado o período de limpeza de 4 anos.

Orçamentos

Os orçamentos foram executados baseados nas dimensões de cada elemento, adotando as composições da tabela de custos – Versão 26.1 – Enc. Sociais 85,20%, da SEINFRA (Secretaria de Infraestrutura), os quais estão discriminados nos apêndices desse artigo.

Análise dos métodos

Método convencional

É considerado o método mais disseminado devido ao baixo custo, sendo conhecido pelo emprego da alvenaria. Portanto, a mão de obra empregada na instalação nem sempre é especializada, podendo o sistema ficar prejudicado. O grande transtorno do emprego da alvenaria é garantir a estanqueidade dos tanques sépticos. Tendo como o ponto mais crítico da instalação a base do tanque executada em blocos. Entretanto, a norma estabelece que a laje e a junta formem uma só peça de concreto, sendo que as juntas em blocos só serão aceitas se a laje de fundo completar toda a base do tanque.

Tem-se como a primeira atividade antes do emprego de qualquer método construtivo a escavação da vala, logo após é realizado o lastro de concreto do fundo do tanque séptico que na maioria dos casos obedece a uma proporção de 1:3:4, cimento, areia e

brita respectivamente. Após o lançamento do lastro de concreto é realizada a alvenaria com tijolos maciços de 1/2 vez assentados com argamassa de traço de 1:3, cimento e areia respectivamente, logo após são assentadas as tubulações de entrada e saída, consequentemente o revestimento das paredes com argamassa de traço de 1:3, cimento e areia, e com o auxílio de uma nata de cimento e água para facilitar a impermeabilização dele.

Para o sumidouro, praticamente segue as mesmas etapas construtivas do tanque séptico, sendo que no fundo do sumidouro é colocada uma camada de brita miúda, conforme Manual de Saneamento da FUNASA (2015). No assentamento dos tijolos, em alguns casos, faz uso de cinta de amarração e eles são assentados em crivo.

Método com placas pré-moldadas

O sistema em placas pré-moldadas fica consideravelmente mais caro comparado aos demais sistemas devido a questão do peso da peça como também o transporte, por causa dessas objeções implicará, consequentemente, no tempo de execução. Um dos fatores também que evidenciam o alto custo é a questão do material empregado, assim como, também o emprego de mão de obra mais qualificada comparada com a que é trabalhada nos demais sistemas.

Método de anéis de concreto

Os anéis de concreto facilitam a entrada da água em estações de tratamento de esgoto. É produzido em concreto armado e é disponibilizado em várias dimensões. Além disso, auxilia no escoamento de materiais descartados. Segue praticamente a mesma doutrina da alvenaria na questão que a mão de obra empregada não precisa de tantos requisitos quanto a especialização, mas que esses anéis de concreto precisam ser transportados até o local, com isso afetar o tempo de execução.

Análise do aspecto econômico

A Tabela 5, a seguir, aponta os orçamentos comparativos dos sistemas de tanque sépticos (TS), sumidouro e filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente (FBA).

Tabela 5. Orçamento comparativo dos sistemas.

Sistemas de tratamento	Método	Orçamento R\$
TS + Sumidouro	Convencional (Alvenaria)	2039,25
	Placa pré-moldada	3187,80
	Anéis de concreto	1969,46
TS + FBA	Convencional	2120,28
	Placa pré-moldada	2801,04
	Anéis de concreto	1879,42
TS + FBA + Sumidouro	Convencional	2697,54
	Placa pré-moldada	4081,55
	Anéis de concreto	2439,18

Fonte: Luna *et al.* (2025)

Segundo Tisaka, (2006), estabelece para orçamento os valores de 60% e 40%, referentes a materiais e mão de obra, portanto é apresentado na Tabela 9 os valores referentes a 60% dos materiais empregados.

Quanto ao comparativo exposto na Tabela 9, na questão orçamentária, orienta-se como o meio mais viável a junção dos três sistemas que são, tanque séptico, filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente e sumidouro, executados em alvenaria, tornando assim o mais adequado com a realidade da zona rural de Milagres, facilitando a execução do sistema devido a presente mão de obra local, e tangenciando, assim, na questão da satisfatória eficiência no tratamento de esgotos domésticos de residências unifamiliares.

Análise do aspecto ambiental

Segundo Andrade Neto (1997), os tanques sépticos suportam variações de cargas de esgotos domésticos. É uma tecnologia de fácil instalação, fácil operação e simples manejo, adequadas às comunidades rurais. Dentre o processo operacional, é um sistema que não necessita de inóculo de lodo, não perde eficiência, capta choque tóxicos em recuperação rápida (Zago, 2016; Ávila, 2005).

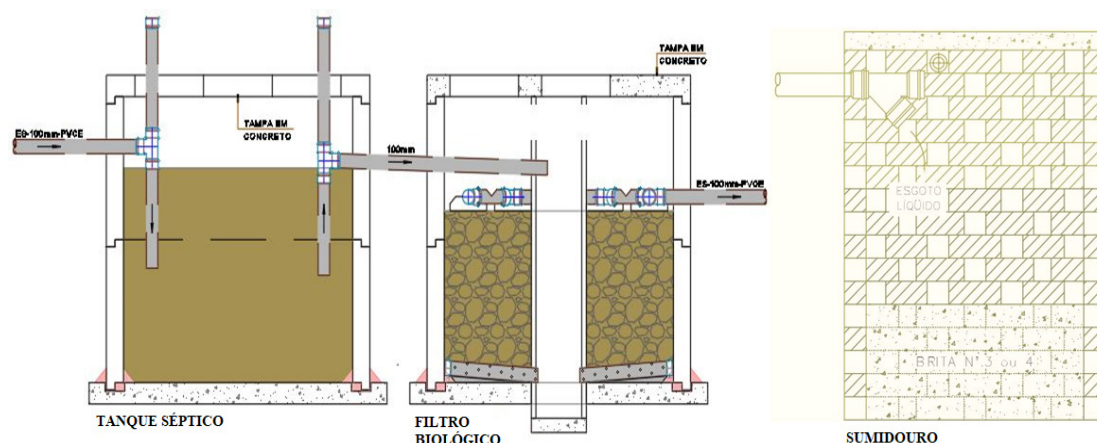
Quanto aos filtros anaeróbios, segundo Zago (2016) e Ávila (2005), possuem configurações flexíveis propiciando liberdade de projeto. Não há um consumo de energia no processo. Sendo um sistema de fácil operação e simples manejo, que possui uma eficiência significativa na remoção de poluentes e produz uma quantidade de lodo inferior ao de sistemas aeróbios.

Vale ressaltar, que o filtro biológico anaeróbio de fluxo ascendente tem como característica específica, o tempo de contato entre o biofilme e o efluente, devido ao lodo em sustentação e são indicados principalmente para esgotos com baixa concentração de matéria orgânica. O seu eixo suporte possibilita uma grande quantidade de biomassa e evita o carreamento dos sólidos na saída da tubulação, permitindo que o esgoto saia clarificado.

A vantagem ambiental do sumidouro é que ele permite a infiltração da parte líquida dos esgotos no solo, deverá possuir paredes vazadas e fundo permeável.

A Figura 3 serve como base de um esboço do sistema em conjunto composto por tanque séptico, filtro biológico anaeróbico e sumidouro.

Figura 3. Conjunto tanque séptico, filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro.



Fonte: Luna *et al.* (2025).

CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos nesta pesquisa verificou-se que:

Na escolha de um sistema de tratamento de esgotos domésticos para áreas rurais é de suma importância considerar a análise dos parâmetros relacionados aos aspectos ambientais e econômicos do sistema como: fácil manutenção, simples manejo, eficiência e economia.

A estimativa das vazões dos esgotos domésticos foi realizada com base nos critérios adotados pelo Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e Tabela 1 da NBR 7229/93, para residências de padrão baixo, com 5 pessoas e um consumo *per capita* de 100 L/hab. dia.

O dimensionamento do sistema de tanque séptico e alternativas de pós-tratamento: filtro biológico anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro, foram realizados segundo critérios da NBR 7229/93 e 13.969/97.

Foi verificado que a alternativa mais viável relacionada aos aspectos econômicos ambientais seria tanque séptico, seguido de filtro anaeróbico de fluxo ascendente e sumidouro em alvenaria, resultando em um orçamento total de R\$ 2697,54, por se tratar de um sistema que mais se enquadra com a realidade da região da zona rural de Milagres e também devido ao custo benefício relacionado a mão de obra com elevada qualificação para execução desse serviço.

Apesar do orçamento do sistema de tanque séptico, seguido de filtro anaeróbio de fluxo ascendente e sumidouro em anéis de concreto ser inferior comparando-se com os de alvenaria, totalizando em R\$ 2439,18, ele não se torna adequado para a realidade rural de Milagres, devido a mão de obra restrita. Além disso, seria necessário o deslocamento até a cidade mais próxima para ter acesso ao tipo específico de anel de concreto e o emprego de máquinas para movimentação dessas peças, favorecendo na elevação dos custos e inviabilizando o projeto.

Contudo, com a presente pesquisa foi possível apontar um sistema simples, economicamente viável e ambientalmente adequado para a realidade da zona rural de Milagres, corroborando com uma alternativa que minimize a ausência de saneamento básico relacionado à falta de tratamento de esgotos domésticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, L. **Avaliação da eficiência do tratamento de esgoto doméstico através de tanque séptico de câmara única – Estudo de caso**. 2012. 62 f. Monografia, Graduação em Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí 2012. Disponível: http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1242/TCC_V04_versão%20FINAL%20OFICIAL_REVISÃO%2024%20de%20junho.pdf?sequence=1. Acesso em: 03 jun 2025.

ANA. **Atlas esgotos despolição de bacias hidrográficas**. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ASA 10 ANOS. Disponível em: https://www.senado.gov.br/comissoes/.../AP20090924_ASA_Vida%20Semiarido.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro. 1992.

ÁVILA, R. O. **Avaliação de sistema de Tanques sépticos-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. 166f. Dissertação (Mestrado em ciências da Engenharia Civil). UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/images/Documento/teses/RenataOliveiradeAvila.pdf>. Acesso em: 03 jun 2025.

BRASIL. Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007. **Dispõe sobre as diretrizes nacionais**

para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Disponível em: <http://www.faccar.com.br/normas-da-abnt/modelos-de-referencia>. Acesso em: 03 jun 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Operação e manutenção de tanques sépticos-lodo:** manual de boas práticas e disposição do lodo acumulado em filtros plantados com macrófitas e desinfecção por processo térmico / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2014. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/operacao_manutencao_tanques_septicos_lodo_manual_praticas.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 4 ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il. Disponível em: https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa_funasa_gov_br/Documents/Biblioteca_Eletronica/Engenharia_de_Saude_Publica/eng_saneam2.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

CONAMA. **Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 03 jun 2025.

FERNANDES, R. O. **Roteiro de dimensionamento de fossa séptica seguido de sumidouro.** Universidade Regional do Cariri-URCA. Juazeiro do Norte-CE, 2019. Disponível em: http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=roteiro_dimensionamento_fossa_sumidouro.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

FUNASA. **O desafio de universalizar o saneamento rural.** 2011. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/blt_san_rural.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

IBGE (2022). Milagres, Ceará. In: IBGE Cidades. Disponível em: [<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/milagres>]. Acessado em: 03 jun. 2025

JESUS, M. S. **Avaliação da destinação final dos efluentes residenciais no bairro Mangabeira Feira de Santana-BA: Estudo de caso.** Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana-BA. Disponível em: <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/MARCELO%20SANTOS%20DE%20JESUS.PDF>. Acesso em: 03 jun 2025.

NUVOLARI, A. *et al.* **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** São Paulo: Edgar Blucher, 2011. 565p.

O GLOBO. **No Brasil, esgoto de 45% da população não recebe qualquer tratamento.** Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/no-brasil-esgoto-de-45-da-populacao-nao-recebe-qualquer-tratamento-21865590>. Acesso em: 03 jun 2025.

Panorama do Saneamento Rural no Brasil. 2017. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>. Acesso em: 03 jun 2025.

Perfil Municipal Milagres 2002. IPECE, 2002. 17p. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/estatistica_geografia/limites_municipais/mapas_projeto_atlas/Mapa%20Milagres.pdf.

Acesso em: 03 jun 2025.

Perfil Municipal Milagres 2012. IPECE, 2012. 18p. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/01/Milagres.pdf>. Acesso em: 03 jun 2025.

Perfil Municipal Milagres 2017. IPECE, 2017. 17p. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Milagres_2017.pdf. Acesso em: 03 jun 2025.

RIOS, F. P. **Avaliação de sistemas individuais de disposição de esgotos e das empresas limpa-fossas na Região Metropolitana de Goiânia.** Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. 108p. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/640/1/DISSERTACAO%20FERNANDA%20POSCH%20RIOS.pdf>. Acesso em: 03 jun 2025.

SEINFRA – SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA. **Tabela Unificada Seinfra.** 2018. Disponível em: <https://sites.seinfra.ce.gov.br/siproce/desonerada/html/tabela-seinfra.html>. Acesso em: 03 jun 2025.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil:** consultoria, projeto e execução. São Paulo: Pini, 2006.

ZAGO, M. **Tratamento de esgoto por fossa séptica e unidades complementares:** Estudo de caso na Cidade de Fraiburgo, SC. 2016. 92f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil). UNIARP, Universidade Vale do Rio do Peixe, Caçador, SC. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/ignis/article/view/1414>. Acesso em: 03 jun 2025.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Método convencional - Orçamento do tanque séptico

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Tanque séptico em alvenaria						2.436,66
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,40	46,24	110,98
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	3,00	88,54	265,62
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,30	441,99	132,60
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	3,00	9,65	28,95
1.5	C0077	Alvenaria de tijolo comum c/argamassa mista de cal hidratada 1:2:8 Esp=20 cm	SEINFRA	M2	9,60	146,18	1.403,33
1.6	C0778	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar traço 1:3 Esp=5 mm p/teto	SEINFRA	M2	9,60	10,26	98,50
1.7	C3037	Reboco c/argamassa de cimento e areia peneirada, traço 1:4	SEINFRA	M2	9,60	35,09	336,86
1.8	C2593	Tubo PVC branco p/esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		2.436,66

Fonte: Luna et al. (2025)

APÊNDICE B - Método convencional - Orçamento do sumidouro

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Sumidouro em alvenaria						962,09
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,30	46,24	106,35
1.2	C4592	Alvenaria de embasamento em tijolo cerâmico furado c/ argamassa cimento e areia 1:4	SEINFRA	M3	1,36	480,39	653,33
1.3	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.4	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,13	88,54	100,05
1.8	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		962,09

Fonte: Luna et al. (2025)

APÊNDICE C - Método convencional - Orçamento do filtro biológico anaeróbio

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Filtro biológico em alvenaria						1037,33
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	1,27	46,24	58,72
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,06	88,54	93,85
1.3	C0077	Alvenaria de tijolo comum c/ argamassa mista de cal hidratada 1:2:8 Esp=20 cm	SEINFRA	M2	4,37	146,18	638,81
1.4	C0776	Chapisco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar traço 1:3 Esp.= 5mm p/parede	SEINFRA	M2	4,37	5,19	22,68
1.5	C3409	Reboco c/ argamassa de cimento e areia s/ peneirar, traço 1:4	SEINFRA	M2	4,37	27,67	120,92
1.6	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,11	441,99	48,62
1.7	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	1,16	9,65	11,19
1.8	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.9	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		1097,15

Fonte: Luna et al. (2025)

APÊNDICE D - Método com placas pré-moldadas - Orçamento do tanque séptico

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço uni- tário R\$	Preço total R\$
1	Tanque séptico em placas pré-moldadas						3.178,83
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,40	46,24	110,98
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	3,00	88,54	265,62
1.3	C1901	Peças pré-moldadas (pm) de concreto, Esp.= 5cm	SEINFRA	M2	9,60	268,84	2.580,86
1.4	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,30	441,99	132,60
1.5	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	3,00	9,65	28,95
1.6	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		3.178,83

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE E - Método com placas pré-moldadas - Orçamento do sumidouro

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço uni- tário R\$	Preço total R\$
1	Sumidouro em placas pré-moldadas						2.134,18
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	2,30	46,24	106,35
1.2	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.3	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,13	88,54	100,05
1.4	C1901	Peças pré-moldadas (pm) de concreto, Esp.= 5cm	SEINFRA	M2	6,79	268,84	1.825,42
1.5	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		2.134,18

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE F - Método com placas pré-moldadas - Orçamento do filtro biológico anaeróbio.

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Filtro biológico em placas pré-moldadas						1.489,57
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	1,27	46,24	58,72
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,06	88,54	93,85
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,11	441,99	48,62
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	1,16	9,65	11,19
1.5	C1901	Peças pré-moldadas (pm) de concreto, Esp.=5cm	SEINFRA	M2	4,37	268,84	1.174,83
1.6	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.7	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		1.489,57

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE G - Método de anéis de concreto - Orçamento do tanque séptico

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Tanque séptico em anéis de concreto						2.349,52
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. de 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	4,71	46,24	217,79
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	3,14	88,54	278,02
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,31	441,99	137,02
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	3,14	9,65	30,30
1.5	I6066	anel pré-moldado de concreto, D=2,00m, H=0,50m	SEINFRA	UN	3,00	301,59	904,77
1.6	C0297	Assentamento de tubos em concreto, JE D=2000mm	SEINFRA	M	1,50	481,20	721,80
1.7	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
					Valor orçamento:		2.349,52

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE H - Método de anéis de concreto - Orçamento do sumidouro

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Sumidouro em anéis de concreto						932,92
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A CAT. Prof. de 1,51 a 3,00m	SEINFRA	M3	2,30	46,24	106,35
1.2	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.3	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,13	88,54	100,05
1.4	I6065	Anel pré-moldado de concreto, D=1,00m, H=0,50m	SEINFRA	UN	4,00	67,68	270,72
1.5	C0293	Assentamento de tubos em concreto, JE D=1000mm	SEINFRA	M	2,00	176,72	353,44
1.6	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
						Valor orçamento:	932,92

Fonte: Luna *et al.* (2025)

APÊNDICE I - Método de anéis de concreto - Orçamento do filtro biológico anaeróbio.

Item	Código	Descrição	Fonte	Und.	Qt.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	Filtro biológico em anéis de concreto						782,86
1.1	C2781	Escavação manual solo de 1A Cat. Prof. DE 1.51 a 3.00m	SEINFRA	M3	1,27	46,24	58,72
1.2	C4773	Tampa em concreto armado, espessura 0,08m	SEINFRA	M2	1,06	88,54	93,85
1.3	C3025	Piso morto concreto FCK=13,5MPa c/ preparo e lançamento	SEINFRA	M3	0,11	441,99	48,62
1.4	C4071	Armadura em tela soldável Q-92	SEINFRA	M2	1,16	9,65	11,19
1.5	I6065	Anel pré-moldado de concreto, D=1,00M, H=0,50m	SEINFRA	UN	3,00	67,68	203,04
1.6	C0293	Assentamento de tubos em concreto, JE D=1000mm	SEINFRA	M	1,50	176,72	265,08
1.7	C1605	Lastro de brita apiloado manualmente	SEINFRA	M3	0,34	125,12	42,54
1.8	C2593	Tubo PVC branco p/ esgoto D=100mm (4')	SEINFRA	M	2,00	29,91	59,82
						Valor orçamento:	782,86

Fonte: Luna *et al.* (2025)

Maria das Graças de Sousa¹;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/4185887163931499>

Joelma Pereira da Silva²;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9420912254012636>

Joselania Gonçalves Rats³;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7633732641057594>

José Ricardo Temoteo Monte⁴;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2889829481020627>

Joaquim Rodrigues da Silva Neto⁵;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8662641105797350>

Jefferson Macedo do Nascimento⁶;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5508143271957474>

Maria Wesline Cardoso Viana⁷;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2198750887845635>

Sarah Luana Maia do Nascimento⁸;

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici.

<http://lattes.cnpq.br/3133681234721596>

Anielle dos Santos Brito⁹;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

Rildson Melo Fontenele¹⁰.

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

RESUMO: O saneamento básico engloba diversos fatores que pode melhorar a qualidade de vida da população, sendo que está relacionada ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais. Além disso, eles podem interferir na saúde e bem-estar da população. Portanto, objetivou-se com o presente capítulo, mostrar as problemáticas em relação ao saneamento básico em alguns bairros de Juazeiro do Norte-CE. O estudo foi realizado por meio de fotografias via software Google Earth e Google Maps. É de grande relevância que os órgãos públicos busquem meios de implantar a educação ambiental nos bairros mais carentes, pois nesses bairros há um grande descarte incorreto de resíduos sólidos. Desta forma, podendo conscientizá-los dos impactos que o descarte incorreto dos resíduos sólidos e a falta de saneamento básico podem acarretar ao município. Diante disso, através da pesquisa foi possível observar que há um déficit em relação ao saneamento básico em alguns bairros da cidade de Juazeiro do Norte.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão ambiental. Infraestrutura urbana. Qualidade de vida. Saúde pública.

ENVIRONMENTAL SANITATION IN NEIGHBORHOODS OF JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

ABSTRACT: Basic sanitation encompasses several factors that can improve the quality of life of the population, and is related to water supply, sewage, urban cleaning, solid waste management and rainwater drainage. In addition, they can interfere with the health and well-being of the population. Therefore, the objective of this chapter was to show the problems in relation to basic sanitation in some neighborhoods of Juazeiro do Norte-CE. The study was carried out using photographs via Google Earth and Google Maps software. It is of

great importance that public agencies seek ways to implement environmental education in the most deprived neighborhoods, since in these neighborhoods there is a large incorrect disposal of solid waste. In this way, they can be made aware of the impacts that the incorrect disposal of solid waste and the lack of basic sanitation can have on the municipality. In view of this, through the research it was possible to observe that there is a deficit in relation to basic sanitation in some neighborhoods of the city of Juazeiro do Norte.

KEY-WORDS: Environmental management. Public health. Quality of life. Urban infrastructure.

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são tidos como primordiais para a manutenção da vida. Sendo assim, é de fundamental importância se ter um cuidado a mais na mesma, pois percebe-se que esse recurso está sendo poluído drasticamente por meio de descartes de esgotos, bem como de resíduos sólidos. Tendo em vista que o esgoto que será descartado de forma incorreta, poderá prejudicar não só o meio ambiente, mas também o meio aquático, pois ele pode gerar acúmulo de matéria orgânica oriunda de esgotos, podendo haver excesso de nutrientes, gerando assim, mortes do sistema aquático.

A água de qualidade é um recurso natural escasso, indispensável para a vida humana e para sustentar o meio ambiente, que, devido ao rápido desenvolvimento econômico e à utilização incorreta dela, vem sofrendo deterioração alarmante. A poluição dos recursos hídricos é uma preocupação crescente em todo o planeta devido ao lançamento de efluentes industriais e esgotos domésticos. Quando estes são lançados sem nenhum tratamento, podem gerar impactos negativos à qualidade da água, acarretar efeitos deletérios às comunidades aquáticas e expor a riscos a população abastecida por esses mananciais (Bae e Park, 2013).

Um dos maiores causadores da poluição dos corpos aquáticos superficiais no Brasil é a falta de saneamento básico, acarretando assim o lançamento inadequado de águas residuais produzidas pela população.

Diante das necessidades de toda a população brasileira a ser atendida no que diz respeito ao tratamento de águas residuárias, em 2020 foi criado o Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico. Essa política ambiental é regida e regulamentada pela Lei 14.026/2020 e propõe que a igualdade de acesso ao saneamento (coleta e tratamento) deve atender pelo menos 90% da população brasileira até o ano de 2033 (BRASIL, 2020; Chernicharo, 2018).

O descarte de esgoto sem tratamento adequado pode causar múltiplos problemas ambientais, como aumento da concentração de matéria orgânica em rios e lagos, favorecendo maior crescimento bacteriano. Consequentemente, isso pode acarretar a diminuição do oxigênio dissolvido, comprometendo a sobrevivência dos peixes e de outros organismos

aeróbios. Outro efeito adverso é a eutrofização, causada pelo aumento da concentração de nutrientes (N, P) nos corpos d'água (Koul *et al.*, 2022).

O lançamento de esgotos, sejam domésticos ou não domésticos, sem tratamento em corpos hídricos é responsável pela deterioração da qualidade das águas, impactando a saúde pública e o meio ambiente, e prejudicando os múltiplos usos desse importante recurso. Embora o tratamento adequado dos esgotos sanitários seja primordial, o Brasil ainda apresenta um déficit significativo no atendimento a esse serviço (ANA, 2017).

Em vista da realidade que a falta de saneamento que a cidade vem enfrentado, é primordial observar o meio contaminante, como os descartes incorretos, esgoto a céu aberto, esses são fatores que se deve priorizar para que se tenha uma cidade limpa, pois a cidade tem coleta seletiva, mesmo assim tem o acúmulo de lixos. Sendo assim, é essencial que a prefeitura, ou até mesmo os Órgãos responsáveis, busquem meios de conscientizar a população a cuidar melhor do meio ambiente.

Portanto, objetiva-se com o presente capítulo mostrar alguns bairros da cidade de Juazeiro do Norte que precisa dessa conscientização ambiental.

REFERENCIAL TEÓRICO

Saneamento básico

O saneamento se desenvolveu de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda de umas, ora renascendo com o aparecimento de outras. Entretanto, devido à escassez dos meios de comunicação no período, ocorreu uma descontinuidade da evolução dos processos de saneamento. As conquistas alcançadas em épocas remotas tornaram-se esquecidas durante séculos porque não chegaram a fazer parte do saber da população, havendo em alguns casos, retrocessos. Se de um lado, durante a Idade Média, a falta de comunicação sobre os avanços sanitários conduziu algumas civilizações a um retrocesso, tratando de práticas sanitárias. Por outro lado, houve obras sanitárias coletivas que se tornaram marcantes no período (Juiz *et al.*, 2024).

No Brasil, a fragilidade dos serviços fundamentais, devido à escassa ou parcial atuação na área do saneamento básico, acarreta múltiplas complicações não apenas para a saúde, mas também para a economia, a educação e outros setores, como a poluição ambiental. A devastação do meio ambiente é um dos resultados mais evidentes e tangíveis provenientes da ausência de saneamento básico (Silva *et al.*, 2024).

O saneamento básico é definido para Souza *et al.* (2015), como um conjunto de critérios para a proteção do meio ambiente e intervenções articuladas a fatores sociais, econômicos, políticos, culturais, e os principais procedimentos do saneamento básico são: tratamento e abastecimento de água, tratamento de esgotos, limpeza urbana e drenagem de água.

Ações de saneamento existem desde os primórdios da humanidade, tendo-se registro na história de avanços e recuos do conhecimento, seguindo a evolução e a decadência das civilizações. Na Idade Média, houve um grande retrocesso no conhecimento construído, o que gerou insalubridade ambiental e epidemias (Menezes, 1984).

Por outro lado, a preocupação com o saneamento básico e sua relação com a saúde humana sempre foi presente. Durante a Revolução Industrial, surgiram diversos problemas de saúde, devido à falta de práticas sanitárias adequadas. Isso exigiu uma alteração nos hábitos higiênicos para conter a propagação de epidemias naquela época (Figueiredo, 2021).

Diante dessa realidade, ao longo dos anos o saneamento passou a assumir uma importância crescente para o desenvolvimento de uma cidade, além de impedir doenças que pudessem afetar drasticamente a população e a qualidade de vida da sociedade como um todo.

O saneamento básico se limita aos serviços de fornecimento de água, tratamento de esgoto, drenagem urbana e coleta de resíduos. Ademais, este serviço tem como objetivo proteger o meio ambiente e garantir que pessoas em regiões com menor infraestrutura não adoçam, possibilitando, assim, maior bem-estar e qualidade de vida para todos (Melo, 2023).

O saneamento ambiental está diretamente relacionado à saúde pública da população, bem como, à qualidade de vida das pessoas, já que, quando ofertado de modo adequado, diminui os focos de doenças relacionadas à falta de saneamento e contribui com a melhoria no abastecimento de água de qualidade. Além de favorecer o planejamento urbano, controle da ocupação do uso do solo e, também, da educação sanitária.

Segundo o governo do Brasil (BRASIL, 2017), o saneamento básico tem efeitos sobre o meio ambiente, desenvolvimento e a promoção do bem-estar. Uma estrutura apropriada de acesso para a população obter água de qualidade e esgotamento sanitário é essencial à vida e aos processos produtivos, bem como para a prevenção e o controle das doenças (Wolfart, 2014).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2023), o saneamento é descrito como a gestão ou controle dos elementos físicos que possam causar efeitos prejudiciais ao ser humano, afetando seu bem-estar físico, mental e social. Dessa forma, a Lei do Saneamento Básico (Lei Federal nº 11.445/2007), alterada pela Lei 14.026/2020, define saneamento básico como a união das redes de água potável, esgoto, coleta de resíduos sólidos e sistema de drenagem de águas pluviais.

Neste sentido, a infraestrutura sanitária desempenha um papel crucial na melhoria da qualidade de vida das pessoas, visto que não apenas impulsiona o progresso socioeconômico, como também tem impactos na saúde dos indivíduos. A cada ano, 1,2 bilhão de pessoas em nações de baixa e média renda perdem suas vidas devido à inadequação de água,

saneamento e higiene (OMD, 2023).

Os serviços fundamentais de saneamento básico estão amplamente associados à saúde pública, uma vez que a ausência de tratamento de água e esgoto pode resultar na propagação de diversas enfermidades devido à contaminação. Dessa forma, a água sem tratamento é um meio significativo de disseminação de doenças. A falta de tratamento adequado do esgoto também gera preocupação, pois em muitas regiões, apesar de ser coletado, é despejado na natureza sem passar por tratamento, ocasionando a poluição dos recursos hídricos (Silva *et al.*, 2024).

Diante desse leque de informações sobre o saneamento básico, percebe-se o quanto o saneamento é importante para um todo, pois envolve vários fatores que contribuem para se ter uma vida de qualidade.

Doenças relacionada com a falta de saneamento básico

Mendes (2021), destaca que, durante a Idade Média, por volta do século XIV, a ausência de medidas adequadas de saneamento básico e coleta de lixo contribuiu diretamente para o surto da Peste Negra, resultando na morte de aproximadamente 70 milhões de pessoas. As condições precárias favoreceram a disseminação da doença por meio de ratos e pulgas, que contaminaram as pessoas. A transmissão do vírus ocorria rapidamente através de tosse e espirros.

Em conformidade com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2010), relata as principais doenças relacionadas com a falta de saneamento básico adequado, que são: febre tifoide, febre paratifoide, poliomielite, hepatite A, leptospirose, esquistossomose, difilobotríase, filariose, malária arboviroses, febre amarela e leishmaniose. Entre outras, que podem afetar severamente a saúde do contaminado (Teixeira *et al.*, 2014).

A principal causa de morte por diarreia em crianças menores de 5 anos no Brasil é a ausência de saneamento básico. De maneira geral, os índices de mortalidade infantil têm uma queda de 21% quando são realizados investimentos nessa área. No entanto, a eficácia dos programas do governo para combater a mortalidade infantil é prejudicada pela falta de saneamento básico. O saneamento adequado contribui para a prevenção de doenças, o que leva a uma menor procura por hospitais, resultando em uma vida mais saudável. Dessa forma, os níveis de mortalidade permanecem baixos onde há tratamento de esgoto adequado (Follador *et al.*, 2015).

O surgimento de doenças e as epidemias, que tinham sua origem, até então, desconhecidas, eram devido às contaminações das águas dos rios. As civilizações como um método de minimizar a proliferação dessas doenças, adotaram por medidas preventivas, entre uma delas, a correlação dessas doenças com as águas poluídas, desenvolvendo técnicas para captação, condução, armazenamento e utilização da água de forma limpa (Juiz *et al.*, 2024).

Esgoto sanitário

Os primeiros países a passarem por essas reformas sanitárias foram os países europeus. Na Inglaterra, adotaram a instalação de descargas líquidas que afastavam o esgoto doméstico das residências. Tal medida adotada solucionou os problemas relacionados ao esgoto doméstico. Entretanto, esses resíduos eram lançados diretamente e em quantidade nos rios, poluindo-os e também sendo um gatilho para proliferação de doenças (Cavinatto, 2003).

O serviço de esgotamento sanitário em muitos municípios do Brasil, ainda precisa ser implantado, e em outros carece de grandes melhorias. Em um estudo do governo federal em 2022, que envolveu a participação de 4774 municípios (equivalente a 85,7% do total de municípios brasileiros) e atingiu 174,9 milhões de habitantes, número que corresponde a 96,7% da população total do país, mostrou que 40% dos municípios analisados, ou seja, 1937 municípios são desprovidos de serviço de esgotamento sanitário (Agência Brasil, 2022).

A precariedade no acesso ao esgotamento sanitário é um dos mais graves problemas ambientais das metrópoles brasileiras. Ela afeta negativamente as condições de vida da população, que se torna mais vulnerável a doenças de veiculação hídrica relacionadas ao contato com águas contaminadas e os corpos hídricos das metrópoles (Britto e Quintslr, 2020).

Sistemas de esgoto sanitário são compostos por uma série de estruturas e tubulações projetadas para coletar, transportar, tratar e dispor adequadamente o esgoto, com o objetivo de preservar o meio ambiente e proteger a saúde pública (Zebrowski, 2022).

A eficiência de um sistema de saneamento é medida pela sua capacidade de realizar a coleta e remoção dos resíduos de forma eficaz, rápida e segura, ao mesmo tempo em que planeja a destinação final, visando minimizar ou eliminar as doenças transmitidas pela água. Esse enfoque busca melhorar as condições de conforto e qualidade de vida da população (Senedez, 2022).

O sistema de abastecimento de água e coleta de esgotamento sanitário é benéfico para saúde da população de forma direta e indireta, onde estas se distinguem dependendo do grau de desenvolvimento da localidade atendida. Em algumas localidades, os feitos diretos são mais visíveis, como é o caso de comunidades com menor renda, onde as externalidades sociais e econômicas são mais deficitárias (Cvjetanovic, 1986).

A falta de água potável, de serviços de coleta de resíduos e tratamento de esgoto tem um impacto direto na saúde, aumentando a incidência de infecções gastrointestinal e doenças transmitidas por mosquitos e animais. Os problemas mais sérios surgem em áreas próximas a rios e córregos contaminados. Assim como, em locais onde o esgoto corre a céu aberto, como valas, sarjetas, córregos e lagos, afetando também a poluição de reservatórios de água e mananciais. A exposição ambiental ao esgoto e a falta de água tratada causam

doenças que afetam a saúde de crianças, jovens e adultos (Trata Brasil, 2017).

Este problema é agravado pela rápida urbanização e a falta de planejamento, resultando em poluição local severa e efeitos negativos à saúde humana, ao ecossistema, à biodiversidade, à segurança alimentar e à sustentabilidade dos recursos hídricos (Sustainable Development Solutions Network, 2015).

METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado por meio de imagens de satélite do Google Earth (Google Terra) e Google maps, capturadas por meio de fotos aéreas, as quais capturaram imagens onde se tinha acúmulo de resíduos sólidos, e esgoto a céu aberto. A referida pesquisa foi realizada na cidade de Juazeiro do Norte, localizada na Região do Cariri do Ceará.

A escolha foi pela realização de uma pesquisa exploratória e descritiva, seguindo as diretrizes de Gil (2010), sobre estudos exploratórios. Esses estudos têm como objetivo revelar um tema do qual não se dispõe de informações, buscando compreendê-lo melhor para, assim, formular hipóteses.

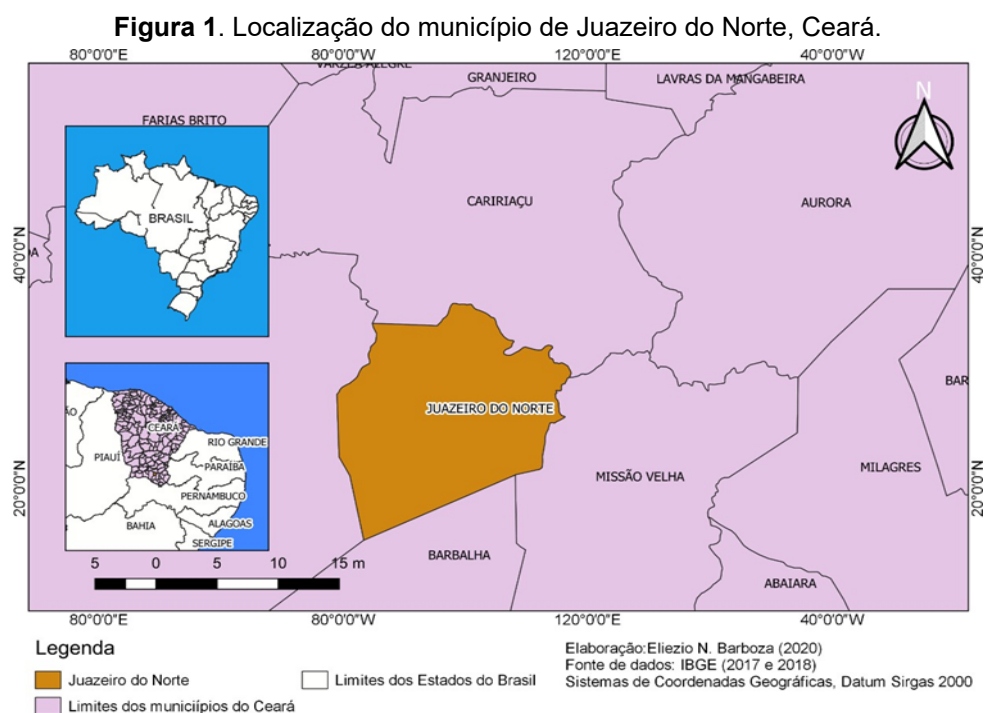
Esse estudo inicia com uma abordagem descritiva e exploratória, a qual permite aprofundar o entendimento sobre a questão em destaque. Isso possibilita ao pesquisador se envolver diretamente com o campo de estudo e compreender a situação real do problema. De acordo com Lakatos e Marconi (1990):

Estudos exploratório-descritivos combinados - são estudos exploratórios que têm por objetivo descrever completamente determinado fenômeno, como por exemplo o estudo de um caso para o qual são realizadas análises empíricas e teóricas. Podem ser encontradas tanto descrições quantitativas e/ou qualitativas quanto acumulação de informações detalhadas como as obtidas por intermédio da observação do participante (Lakatos; Marconi, 1990, p 77).

Nessa pesquisa, realizou-se uma revisão bibliográfica e análise de estudos aprofundada. Utilizou várias fontes de pesquisa, incluindo o SciELO, FEMA, ScienceDirect (Elsevier), Google acadêmico, Web of Science, Google Scholar, Centro Paula Souza e Jus Brasil. Sendo assim, cada uma dessas fontes desempenhou um papel essencial na coleta de dados e informações relevantes para a pesquisa.

Descrição da área de estudo

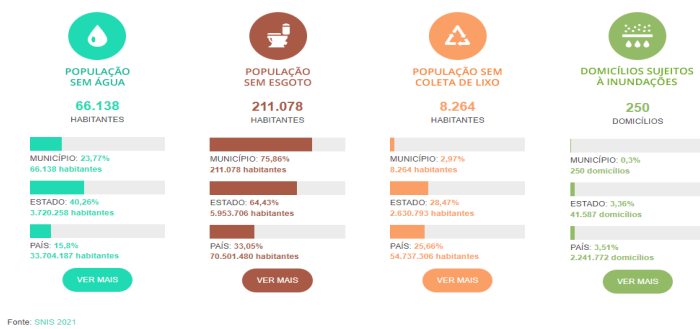
Juazeiro do Norte faz parte dos 184 municípios do estado do Ceará, situado na região Nordeste do Brasil (Figura 1). Com uma população de 278.264 habitantes, sendo 96,07% residindo na área urbana e 3,93% na área rural, o município ocupa uma extensão de 248,83 km² e tem uma densidade populacional de 1.118,28 hab/km², contrastando com a média estadual de 62,06 hab/km² (SNIS, 2020).



Fonte: Morais *et al.* (2020)

A Figura 2 foi retirada do Sistema Nacional de Informações (SNIS) sobre saneamento na cidade de Juazeiro do Norte, onde se observa a porcentagem de habitante sem água; sem esgoto, sem coleta seletiva e domicílio sujeito a inundação.

Figura 2. Saneamento na cidade de Juazeiro do Norte – Ceará



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2020)

Ainda segundo SNIS (2021), 24,14% da população total de Juazeiro do Norte têm acesso aos serviços de esgotamento sanitário. A média do estado do Ceará é 35,57% e do país é 66,95%. Sendo que, em Juazeiro do Norte, aproximadamente metade do esgoto é corretamente gerenciado, seja por sistemas de coleta e tratamento centralizados ou por soluções individuais. O restante, que corresponde a cerca de 48,15%, não recebe tratamento adequado nem é coletado (ANA, Atlas Esgoto, 2013).

Quadro 1. Coleta e tratamento de esgoto

	Município	Estado	País
Índice sem atendimento, sem coleta e sem tratamento	48,15%	30,03%	20,46%
Índice de atendimento por solução individual	13,51%	23,29%	7,79%
Índice de atendimento com coleta e sem tratamento	-	1,99%	18,87%
Índice de atendimento com coleta e com tratamento	38,33%	27,26%	35,3%

Fonte: Adaptada de ANA, Atlas Esgoto (2013)

No Brasil, segundo a SNIS (2016) 48,6 % do esgoto gerado é coletado, porém somente 39% do esgoto gerado recebe algum tipo de tratamento; este dado ajuda a entender a situação atual de corpos hídricos que não são mais balneáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

É importante ressaltar o quanto o saneamento traz benefícios para a população e para o meio ambiente como um todo. Quanto mais saneamento básico nas cidades, haverá menos doenças, pois a maioria dessas doenças é por falta de saneamento.

Dentre elas, podem ser citadas diversos tipos de doenças, tais como: esquistossomose, malária, hepatite, cólera, entre outras que pode afetar severamente a saúde do indivíduo contaminado, até mesmo podendo levá-lo à morte.

Outro tipo de doença preocupante é a dengue, cuja doença é caracterizada como uma arbovirose transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, responsável também pela febre amarela, chikungunya e zika vírus, que se beneficia de lugares sem saneamento básico, abastecimento ineficaz de água, bem como locais com lixo acumulados e água parada (Almeida *et al.*, 2020).

Nesse viés, observou-se a falta de saneamento básico localizado na Rua Deputado Duarte Junior, cujo esgoto a céu aberto é uma prova da falta de saneamento e é um perigo para quem ali mora, uma vez que a área está muito suscetível às doenças comumente

presentes em ambientes como este (Figura 3).

Figura 3. Rua Deputado Duarte Junior.



Fonte: Foto capturada do Google Maps (2024)

Santos *et al.* (2024) relata que as informações sobre o sistema de esgoto em Juazeiro do Norte revelam uma situação desafiadora. Apenas 23,34% dos habitantes locais têm acesso a serviços de saneamento básico adequados. Essa taxa é inferior à média do Estado, que é de 35,19%, e à média nacional, que chega a 66,04%, mostrando uma grande disparidade em relação a outras Regiões. Essa diferença pode acarretar sérias consequências para a saúde pública e o meio ambiente, pois a falta de acesso adequado ao esgotamento sanitário está diretamente ligada à propagação de doenças e à contaminação ambiental.

A questão de destinação dos resíduos sólidos, com armazenamento inapropriado em terrenos baldios ou em espaços públicos, atrai agentes infecciosos, que poluem o ar, solo e as águas superficiais e subterrâneas. O descarte inapropriado de resíduos sólidos em áreas urbanas, como lixo doméstico, detritos de construção, produtos químicos e outros materiais não desejados, é uma questão significativa que as cidades ao redor do mundo estão enfrentando, quando descartados de maneira inadequada em locais urbanos, como ruas, calçadas, praças, rios e terrenos baldios, podendo levar à contaminação dos solos e das águas subterrâneas (Lima, 2023).

Sendo assim, Moura *et al.* (2017) ressalta que entre as doenças relacionadas ao saneamento inadequado também estão incluídas aquelas associadas com os resíduos sólidos. Os locais em que ocorre a disposição inadequada desses resíduos atraem animais sinantrópicos, além de poluir as águas superficiais e subterrâneas, o solo e o ar. A conservação da limpeza dos ambientes evita, portanto, acúmulo de resíduos e, consequentemente, os

impactos negativos sobre as condições sanitárias vigentes.

Nota-se que há uma falta de drenagem urbana, pois o esgoto passa nos cavaletes onde foram construídas para a passagem das chuvas. Sendo assim, é possível concluir que o bairro não possui ligação de esgoto. Na Figura 4, observa a presença de animais e resíduos próximos ao esgoto, podendo gerar proliferação de insetos, como também o mal cheiro para a população.

Figura 4. Rua Manoel Lourenço de Souza



Fonte: Foto capturada do Google Maps (2024)

A falta de saneamento básico envolve a oferta inadequada de água, a ausência de tratamento, o esgotamento sanitário precário, o armazenamento incorreto do lixo e as condições precárias de habitação. Tais elementos podem favorecer a disseminação de microrganismos causadores de doenças e de vetores patogênicos. Esses fatores têm sérias consequências para a saúde e o bem-estar da população (Figueiredo, 2021).

A degradação do meio ambiente é um dos efeitos mais evidentes da ausência de saneamento básico. A poluição nas áreas urbanas continua crescendo rapidamente e a falta de um local adequado para os resíduos ainda traz muitos danos, tanto para as cidades quanto para o meio ambiente. A carência de uma rede adequada de saneamento, se configura como um dos maiores e mais persistentes problemas socioambientais do Brasil, com consequências em várias esferas, como saúde pública e meio ambiente (Leite *et al.*, 2022).

Na Figura 5 encontra-se um esgoto a céu aberto, onde as imagens A e B, são vias de Juazeiro do Norte que cortam o rio Salgado. Em ambas as vias se percebe falhas no saneamento da cidade, pois o esgoto cai diretamente no rio e acaba poluindo-o. Tal situação necessita de intervenção do órgão municipal competente, haja vista que isso impacta negativamente nesse corpo hídrico, cuja água é importante para as populações ribeirinhas das zonas rurais de Juazeiro do Norte.

Figura 5. Avenida Governador Virgílio Távora



Fonte: Foto capturada do Google Maps (2024)

A falta de tratamento adequado dos resíduos líquidos lançados nos corpos receptores promove, além de graves desequilíbrios ecológicos, consequências negativas de ordem política, econômica e social (Oliveira *et al.*, 2017).

Rodrigues *et al.* (2019), destacam que aproximadamente 2,4 bilhões de indivíduos no mundo não têm acesso à serviços básicos como o tratamento da água e coleta de esgoto. Em contrapartida, o saneamento básico compreende uma gama de serviços, tais como a disponibilização de água para as áreas urbanas e comunidades, o tratamento de esgoto, a manutenção da limpeza nas cidades, a drenagem, a coleta de resíduos sólidos, bem como o adequado gerenciamento das águas pluviais e fluviais em ambientes urbanos (Carlos *et al.*, 2024).

Essas atividades são supervisionadas pelo poder público ou por meio de parcerias com empresas privadas. A presença desses serviços é fundamental para aprimorar a qualidade de vida da população, uma vez que a sua ausência pode acarretar diversos problemas de saúde (Carlos *et al.*, 2024).

Furlan (2015) relata que a falta dos serviços de saneamento e a irregularidade associada à falta de conhecimento da população acerca de seus direitos constitucionais, afligem diretamente a saúde coletiva e de forma indireta o desempenho socioambiental das comunidades. Uma forma de mitigar essa carência se faz necessário, tanto as ações corretivas dos esgotos, resíduos sólidos e tratamento de água, assim como é fundamental a educação ambiental no dia a dia.

O despejo de esgotos não tratados pode causar danos significativos à fauna e à flora, podendo levar a contaminação do solo, dos lençóis freáticos e reservas de água, resultando em danos ambientais significativos, como perda da biodiversidade devido a contaminação

dos ecossistemas naturais. Esses fatores ambientais inadequados, acabam diminuindo as características da saúde pública e a qualidade de vida da população, na mesma medida em que aumentam os riscos de impactos ambientais (Pereira *et al.*, 2020).

Sendo assim, o descarte correto dos resíduos sólidos é um meio de preservar o meio ambiente, como também uma das soluções de poluir menos o meio ambiente e os recursos hídricos.

Já na Figura 6, é apresentado o esgoto passando na via, bem como o acúmulo de resíduos sólidos próximo.

Figura 6. Avenida Prefeito Carlos Cruz



Fonte: Foto capturada do Google Maps (2024)

Essa falta de saneamento acaba gerando danos para as pessoas que vivem ao seu entorno, trazendo danos à saúde por meio da contaminação do solo com os resíduos da água trazida pelos esgotos sem tratamento, tendo assim maior facilidade de propagar doenças para a comunidade (Santos e Silva, 2014).

Por fim, na Figura 7, encontra-se o esgoto do bairro Pedrinhas que cai na canaleta e segue sendo despejado no rio Salgado.

Figura 7. Rua Maria das Dores.



Fonte: Foto capturada do Google Maps (2024)

Silva *et al.* (2021), afirmam que os serviços públicos de tratamento de esgoto e água estão se tornando cada vez mais escassos, o que prejudica a qualidade da saúde e do meio ambiente nas comunidades. Sendo que, os resíduos sólidos representam uma parte essencial do saneamento básico, pois são fontes importantes de doenças e servem como critérios para a higienização pública em uma determinada região.

A falta de infraestrutura de saneamento básico se reflete na escassez de fornecimento de água, na inexistência de sistemas de tratamento, no manejo inadequado do esgoto, no armazenamento precário de resíduos sólidos e nas condições precárias das moradias. É válido destacar que Juazeiro do Norte possui um índice de saneamento do esgoto de 51,84%, incluindo sistemas centralizados e soluções individuais. Apesar desse progresso em relação à porcentagem de acesso aos serviços sanitários, há ainda uma parcela considerável da população, equivalente a 48,15%, que não conta com tratamento adequado ou coleta de esgoto. Esse cenário favorece a propagação de enfermidades relacionadas à água contaminada e à degradação do meio ambiente (Santos *et al.*, 2024).

CONCLUSÃO

Na presente pesquisa é possível concluir que os bairros mais pobres apresentam uma carência maior em relação ao saneamento. Sendo importante conscientizar a população sobre os descartes incorretos dos seus resíduos, entre outros, que podem poluir o meio ambiente como um todo.

É importante também ressaltar que a população precisa de uma conscientização sobre o destino correto de seus resíduos, pois há pontos na cidade onde os resíduos sólidos estão sendo descartados de forma incorreta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL. **www.gov.br**. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/ptbr/assuntos/noticias-regionaulacao>. Acessado em: 03 jun 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). **Atlas de esgoto**. 2013. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/fontes-notas-tecnicas#atlasesgotos>. Acessado em: 03 jun 2025.

ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 10, p. 3857-3868, 2020.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**/Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. 88 p.

BRASIL, Lei 14.026/2020. **Novo Marco Regulatório do Saneamento**. Agência Nacional

de Águas e Saneamento Básico (ANA) https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acessado em: 03 jun 2025.

BRASIL. **DECRETO Nº 9.254**, Brasília, 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9254.htm. Acessado em: 03 jun 2025

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: FUNASA, 2010. 408p.

BRASIL. Lei nº LEI Nº 11.445, de 22 de junho de 2022. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. **LEI Nº 11.445**, Brasília, DF: Presidência da República, 2007.

BRITTO, A. N. P; QUINTSLR, S. Políticas e programas para esgotamento sanitário na metrópole do Rio de Janeiro: um olhar na perspectiva das desigualdades ambientais. **Cadernos Metrópole**, v. 22, p. 435-456, 2020.

CARLOS, J. M. L.; GUEDES, J. A.; COSTA, G. S. **Atlas geográfico escolar de alto do Rodrigues**. Mossoró, RA: edições UERN, 98 p. ISBN: 978-85-7621 (E-Book). 2024.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: Fonte de Saúde e Bem-estar**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 87 p.

CHERNICHARO, C. D. L.; RIBEIRO, T. B.; GARCIA, G. B., LERMONTOV, A., PLATZER, C. J.; POSSETTI, G. R. C.; ROSSETO, M. A. L. L. R. Panorama do tratamento de esgoto sanitário nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil: tecnologias mais empregadas. **Revista DAE**, v. 66, n. 213, p. 5-19. 2018.

CVJETANOVIC, B. Health effects and impact of water supply and sanitation. **World Health Statistics Quarterly**, n. 39, 1986. p. 105-117.

DIAGNOSTICO SNIS 2017- **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acessado em: 03 jun 2025.

FIGUEIREDO, V. S. **O saneamento ambiental e a qualidade da água ofertada à população da cidade de Romaria–MG**. Universidade Federal de Uberlândia p.1-194, 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL (Brasil). **A diarreia como problema da falta de saneamento básico**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/08/29/diarreia-problema-da-falta-de-eamento/>. Acessado em: 03 jun 2025.

FURLAN, A. C.; DOS SANTOS, A. V.; RICARDA, C. M., ESPOLADOR, R. D. C. R. T.; DUBUC, M. A. Educação ambiental para o desenvolvimento sustentável. **Revista de Ciências Jurídicas**, v. 11, n. 2, 2015.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: **Atlas**, 2010.

JUIZ, P. J. L. FRANÇA, F. V. P.; SILVA, T. E. S; Índices de saneamento básico para avaliação de saúde pública: um estudo comparativo entre feira de Santana e outros Municípios Baianos. **Scientia: Revista Científica Multidisciplinar**, v. 9, n. 1, p. 112-137, 2024.

KOUL, B.; YADAV, D.; SINGH, S.; KUMAR, M.; SONG, M. Insights into the domestic wastewater treatment (DWWT) regimes: a review. **Water**, v. 14, n. 21, p. 3542, 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. **Métodos científicos**. 2 ed, São Paulo: Atlas, 1990.

LEITE, C. H. P.; NETO, J. M. M.; BEZERRA, A. K. L. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 1041-1047, 2022.

MENDES, E. **Peste Negra**. 2021. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/historia/peste-negra>. Acessado em: 03 jun 2025.

MENEZES, L. C. C. Considerações sobre saneamento básico, saúde pública e qualidade de vida. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.23, n.1, p. 55-61, 1984.

MORAIS, J. M. P.; SOUZA, J. H. A.; OLIVEIRA, B. B.; BARBOZA, E. M.; SILVA, E. M. Análise da filosofia de construção enxuta em um empreendimento no município de Juazeiro do Norte, Estado do Ceará, Brasil. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento** [S. l.] , v. 7, , 2020.

MOURA, L.; LANDAU, E. C.; FERREIRA, A. M. **Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil**. 2017.

OLIVEIRA, J. P. M.; OLIVEIRA, J. M.; BARRETO, E. D. S.; SILVA, S. S. D., SILVA, S. S.; MARACAJÁ, P. B. Saúde/doença: as consequências da falta de saneamento básico. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 23-29, 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Saneamento**. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/sanitation>. Acessado em: 03 jun 2025.

PEREIRA, C. S.; SOUSA, R. M. O.; SANTOS, B. C. L., NASCIMENTO, A. B. L.; SOUSA, A. D. M. L. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. **Nature and Conservation**, v. 13, n. 2, p. 58-66, 2020.

RODRIGUES, U. P.; FROELICH, J. M.; CASTOLDI, M. T.; HUBNER, J. Saneamento básico no contexto quilombola: comunidade linha Fão – RS. In: IX seminário internacional sobre desenvolvimento regional: processos, políticas e transformações territoriais, 10, 2019, Santa Cruz do Sul. **Anais** [...] Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, 2019.

SANTOS, A. N. S.; PESSOA, A. C. N.; BEZERRA, M. A. C.; SOUZA, V. L. T. S.; JESUS, A. P. N.; SOUTO, I. F. DE Q.; FARIA, P. D. P.; MORGAN, L. A. A., DIOGO, R. T.; NOGUEIRA NETO, J. M. Tecendo os fios da saúde pública: o impacto do saneamento básico na qualidade de vida urbana e no meio ambiente. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 5, p. 4259. 2024.

SENENDEZ, I. A. **A concessão dos serviços de tratamento de água e esgoto sanitário e a universalização do saneamento básico imposta pelo novo marco legal (Lei 14.020/2020)**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA).

SILVA FILHO, P. A.; LOPES, S. L.; SOUZA, V. Gerenciamento de resíduos sólidos em comunidades ribeirinhas da Amazônia brasileira – Caracaraí/RR. In: do 4º congresso sul-americano de resíduos sólidos sustentabilidade- Conresol, 4, 2021, Gramado- RS. **Anais [...]**, GramadoRS, UFR, 2021.

SILVA, A. M. M.; NOGUEIRA, A. A.; GOBBO, F. M.; SANTOS, M. F.; ISMAIL, I. A. L.; AGNESINI, M. V.; NOVAES, L. F. Desenvolvimento de propostas para minimizar processos judiciais em concessionárias de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 1, p. 8727-8743, 2024.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINIS). **Instituto Água e Saneamento**. 2020. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ce/juazeiro-do-norte>. Acessado em: 03 jun 2025.

SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2014**. [s. l.], v. 53, n. 9, 2016.

SOUSA, C. S. S.; SOUSA, S. C. S.; ALVARES, A. M. Diretrizes normativas para o saneamento básico no Brasil Normative guidelines towards basic sanitation policy in Brazil. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 43, p. 102-115, 2015.

Sustainable Development Solutions Network. **Indicators and a Monitoring Framework for the Sustainable Development Goals: Launching a Data Revolution for the SDGs**. Report by the Leadership Council of the Sustainable Development Solutions Network. 2015.

TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. S. D.; VIALI, A. D. M.; MUNIZ, S. S. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 87-96, 2014.

WOLFART, G. A. **Saneamento básico como fator de desenvolvimento: um estudo da mortalidade infantil e da infância no estado do Paraná**. 2014, 133p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo. 2014.

ZEBROWSKI, J. G. C. **Avaliação da viabilidade de implantação de um sistema de tratamento e reaproveitamento de efluentes líquidos em residências**. RUNA-Repositório Universitário da Ânima. 2022.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE AMBIENTAL EM ÁREAS PERIFÉRICAS DE DEPOSIÇÃO CLANDESTINA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE - CE

Mardônio Alves Sampaio¹;

Centro Universitário Paraíso (UniFAP) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5180215489938755>

Joselania Gonçalves Rats²;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7633732641057594>

Jefferson Macedo do Nascimento³;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5508143271957474>

José Ricardo Temoteo Monte⁴;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2889829481020627>

Joaquim Rodrigues da Silva Neto⁵;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8662641105797350>

Maria Wesline Cardoso Viana⁶;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2198750887845635>

Sarah Luana Maia do Nascimento⁷;

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici.

<http://lattes.cnpq.br/3133681234721596>

Rildson Melo Fontenele⁸;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

Anielle dos Santos Brito⁹.

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

RESUMO: O avanço da urbanização associado ao surgimento de novas construções, reformas e demolições contribuíram para o aumento da geração de resíduos de construção civil. Juazeiro do Norte, enfrenta dificuldades quanto aos espaços disponíveis para o depósito de resíduos da construção e demolição pela ausência de planejamento quanto às melhores alternativas de disposição final adequada. O presente capítulo visa analisar as principais áreas de deposições clandestinas de resíduos da construção e demolição (RCD) situadas em bairros periféricos de Juazeiro do Norte- CE. Foram selecionados 10 pontos em áreas periféricas do município considerados críticos por possuírem maior quantidade de resíduos e situarem-se em áreas próximas a rios, lagos, declives e vegetação. Foram aplicados questionários e entrevistas à representantes do órgão público, moradores e carroceiros para análise da realidade ambiental das áreas afetadas pelos RCDs. Após a análise ambiental nos pontos críticos, foi possível identificar que a maioria dos RCDs encontrados das deposições clandestinas pertencem às classes A, B e C, conforme a classificação da Resolução CONAMA nº 307/2002. Ao analisar a significância dos impactos, foi verificado que as responsabilidades seriam atribuídas tanto à população, que não têm uma orientação quanto aos riscos desses despejos inadequados, quanto aos maiores geradores da construção civil, que são as empresas do setor. Com a presente pesquisa, constata-se que a Lei Municipal de nº 3689/2010 e do Decreto Municipal de nº 296-2017 necessitam de efetividade nas ações.

PALAVRAS-CHAVE: Conflitos socioambientais. Gestão urbana. Planejamento territorial. Resíduos sólidos urbanos.

ENVIRONMENTAL ANALYSIS IN PERIPHERAL AREAS OF CLANDESTINE DISPOSAL OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN THE MUNICIPALITY OF JUAZEIRO DO NORTE - CE

ABSTRACT: The advancement of urbanization associated with the emergence of new constructions, renovations and demolitions contributed to the increase in the generation of construction waste. Juazeiro do Norte faces difficulties regarding the available spaces for the deposit of construction and demolition waste due to the lack of planning regarding the best alternatives for adequate final disposal. This chapter aims to analyze the main areas of clandestine disposal of construction and demolition waste (CDW) located in peripheral neighborhoods of Juazeiro do Norte-CE. Ten points were selected in peripheral areas of the municipality considered critical because they have a greater amount of waste and are located in areas close to rivers, lakes, slopes and vegetation. Questionnaires and interviews were applied to representatives of the public agency, residents and cart drivers to analyze the environmental reality of the areas affected by CDW. After environmental analysis at critical points, it was possible to identify that most of the CDW found from clandestine disposals belong to classes A, B and C, according to the classification of CONAMA Resolution N°. 307/2002. When analyzing the significance of the impacts, it was found that the responsibilities would be attributed both to the population, who do not have guidance on the risks of these inappropriate dumpings, and to the largest generators in the construction industry, which are the companies in the sector. With this research, it is clear that Municipal Law N°. 3689/2010 and Municipal Decree N°. 296-2017 require effective actions.

KEY-WORDS: Urban management. Urban solid waste. Socio-environmental conflicts. Territorial planning.

INTRODUÇÃO

O avanço da urbanização associado ao surgimento de novas construções, reformas e demolições contribuíram para o aumento da geração de resíduos da construção civil. Estima-se que a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) no Brasil varia de 0,3 a 0,7 toneladas de entulho por habitante todos os anos, o que representa o dobro da geração *per capita* de resíduos sólidos domiciliares, e 2/3 da massa de resíduos sólidos urbanos gerada nos municípios brasileiros (Freitas, 2009).

Na Região Metropolitana do Cariri (RMC) situada no Estado do Ceará, Juazeiro do Norte, enfrenta dificuldades quanto aos espaços disponíveis para o depósito de resíduos da construção e demolição, tanto devido ao crescimento acelerado do município, por ser referência religiosa, polo industrial e acadêmico, quanto pela ausência de planejamento quanto as melhores alternativas de disposição final adequada.

Devido à essa questão, esses problemas acabam se tornando comuns, principalmente, nos bairros periféricos de menor renda, onde o número de áreas livres é maior. Com frequência, as áreas degradadas (tanto bota-foras como deposições irregulares) colocam em risco a estabilidade de encostas e comprometem a drenagem urbana (Novaes e Mourão, 2008).

A prática ilegal acaba favorecendo a displicência de órgãos administrativos e demais responsáveis frente a esse tipo de serviço. Portanto, medidas relacionadas para minimização de impactos ambientais negativos, pertinentes a deposições clandestinas dos resíduos de construção e demolição, são fundamentais para um gerenciamento de resíduos sólidos otimizado.

De acordo com Lúcio (2013) as ações devem ser diferentes das adotadas atualmente pela maioria dos municípios, que são, emergenciais e paliativas.

Diante do exposto, o presente trabalho é de fundamental relevância, tendo em vista que, além de realizar a análise ambiental nos bairros periféricos de Juazeiro do Norte-CE, quanto aos lançamentos de RCD, também mostrará a situação atual de áreas próximas à cursos d'água superficiais, áreas de encostas, com declividades, que traduzem riscos à saúde pública, consideradas como “críticas”, podendo dessa forma, corroborar com a gestão pública municipal.

Dessa forma, objetivou-se com o seguinte capítulo analisar as principais áreas de deposições clandestinas de resíduos da construção e demolição (RCD) situadas em bairros periféricos de Juazeiro do Norte- CE.

REVISÃO DE LITERATURA

Resíduos da construção e demolição (RCDs)

Resíduos de construção e demolição (RCDs), de conformidade com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307 de 05 de julho de 2002, são resíduos resultantes de reformas, construções e demolições decorrente de obras da construção civil, assim como resultante do preparo e escavação de terrenos, como os tijolos, concreto, solos, rochas, metais, telhas, gesso, pavimento asfáltico e todos os outros que geralmente são denominados de entulhos da construção (Fernandes, 2014).

Silva Filho (2005), afirma que os resíduos da construção e demolição possui uma composição média de entulho de obra produzida no Brasil, conforme mostra a Tabela 01.

Tabela 01. Média de entulho de obra no Brasil

Componentes	Porcentagem (%)
Argamassa	63,0
Concreto e blocos	29,0
Outros	7,0
Orgânicos	1,0

Fonte: Silva Filho (2005)

Com relação a origem dos resíduos sólidos, podem ser classificados de acordo com a Tabela 02.

Tabela 02. Classificação dos resíduos quanto à origem

Classificação	Origem
Urbana	Domiciliar; comercial; portos, aeroportos, terminais ferroviários e terminais rodoviários; limpeza urbana: varrição de logradouros, praias, feiras, eventos, capinação, poda etc.
Industrial	Nessa categoria se inclui o lodo produzido no tratamento de efluentes líquidos industriais, bem como resíduos resultantes dos processos de transformação. Ex. cinzas, fibras, metais, escórias, geralmente tóxicos
Serviços de saúde	Resíduos gerados em hospitais; clínicas médicas, odontológicas e veterinárias, postos de saúde e farmácias
Radioativa	Resíduos de origem atômica. Esse tipo tem legislação própria e é controlado pelo Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN)
Agrícola	Resíduos da fabricação de defensivos agrícolas e suas embalagens
Construção civil (RCD)	Resíduos da construção civil, como: vidros, tijolos, pedras, tintas, solventes e outros.

Fonte: FUNASA (2004)

A Resolução nº. 307/2002 do CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil, no seu artigo 3º, estes são classificados em 04 tipos, classe A, classe B, classe C e classe D.

Os de Classe A são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados de construções, reforma e demolição de pavimentos, de obras de infraestrutura (inclusive solo), de edificações (tijolos, argamassa, concreto etc.) e de fabricação e/ou demolição de pré-moldados de concreto produzidos em obras.

Em relação aos resíduos de Classe B, estes são resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, metais e madeiras. Quanto aos de classe C, estão os resíduos cuja reciclagem/recuperação não fora desenvolvida tecnologias economicamente viáveis, como o gesso. Os de classe D, são os resíduos perigosos, como tintas, solventes e

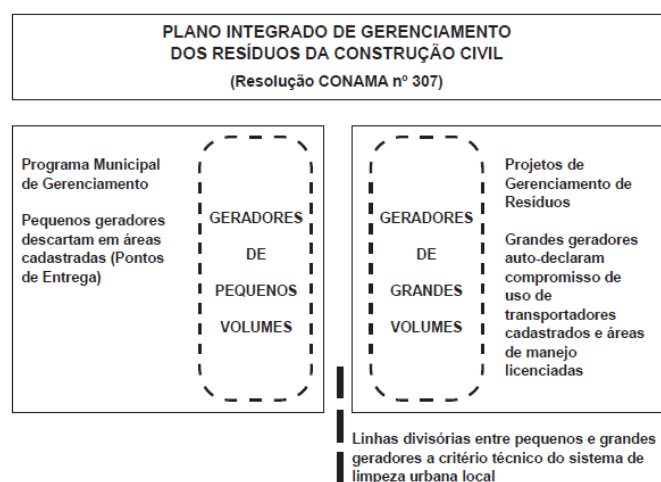
óleos, e oriundos de obras em clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Suas destinações também são preconizadas na Resolução nº. 307/2002 do CONAMA, na qual estabelece, a reutilização como agregados, reciclagem, armazenamento e transporte desses resíduos, conforme normas técnicas específicas.

Segundo Pinto e Gonzáles (2005), as ações destinadas ao disciplinamento do fluxo dos grandes volumes de RCD, em geral, da ação das empresas privadas de coleta, caracterizam-se claramente como uma ação de agentes privados regulamentada pelo poder público municipal.

Essas ações devem se submeter, por meio dos Projetos de Gerenciamento de Resíduos e dos compromissos com transportadores cadastrados e áreas de recepção licenciadas, aos princípios e diretrizes contidos no Plano Integrado de Gerenciamento e à ação gestora do poder local, conforme Figura 01.

Figura 01. Plano integrado de gerenciamento dos resíduos da construção civil.



Fonte: Pinto e Gonzáles (2005)

Impactos ambientais da deposição clandestina de RCDs em áreas periféricas

A Resolução nº. 001/86 do CONAMA define impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, provocada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades desenvolvidas pelo homem que possam afetar a saúde, segurança e o bem-estar da população, economia, biota, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Em se tratando da indústria da construção civil, tem-se diversos segmentos a serem analisados, e dentre suas principais características estão: o impacto ambiental levando em consideração o volume de resíduos que é produzido, assim como a matéria-prima utilizada (Lintz, 2012).

As responsabilidades de impactos ambientais são atribuídas para toda a sociedade, pois na maioria das vezes, esse resíduo é retirado da obra e disposto clandestinamente em terrenos baldios, margens de rios e de rua das periferias, gerando uma série de problemas ambientais e sociais, como a contaminação do solo por gesso, tintas e solventes; a proliferação de insetos e outros fatores que contribuem para o agravamento dos problemas ambientais (Mendes, 2004).

Esses resíduos quando são depositados de forma irregular, em terrenos baldios, mais conhecidos como lixões, pode ser considerado um forte potencial para a contaminação das águas de rios e riachos. A deposição irregular dos resíduos sólidos e o contato com a água, geralmente resulta em um líquido poluente, o sumo residual que polui o meio ambiente e prejudica a vida humana (ABRELPE, 2019).

A utilização da terra que gera como consequência a remoção da vegetação e o solo para extração dos minérios, favorece a alterações na biodiversidade local. Na área construída, a remoção da vegetação e do solo superficial provoca alterações nos exercícios de suas funções originais (EEA, 2005).

Ainda, se tratando do solo, quando os resíduos estão depositados de forma inadequada, pode causar modificação na composição do mesmo, tornando o solo inútil ou infértil. A atmosfera também é prejudicada pela deposição de resíduos irregulares gerando contaminação por gases, partículas sólidas e material biológico (VG RESIDUOS, 2015).

Para Mendes *et al.* (2004), a ocorrência de inundações em áreas urbanas está plenamente relacionada com a remoção da cobertura vegetal e do solo, pois a ausência desses elementos dificulta a capacidade de infiltração em áreas alagáveis, causam insuficiência dos sistemas de drenagem para escoamento das águas e ainda facilita o escoamento de sedimentos para o leito do rio causando assoreamento.

É importante salientar que, quanto a poluição visual, esta acaba por comprometer a paisagem local pelo provável desequilíbrio existente (solo/água), além de outros aspectos relacionados ao acúmulo de resíduos da construção e demolição associados à obstrução da passagem de pessoas e carros pelos passeios e vias públicas, respectivamente. Bem como, os impactos sobre a saúde pública quanto a transmissão de doenças por vetores que se proliferam entre os entulhos.

Matriz de interação: aspecto e impacto ambiental

Consiste em uma listagem de controle bidimensional onde são relacionados os aspectos e impactos ambientais, e surgiu a partir da tentativa de suprir as carências do método de *checklist* (Cremonez *et al.*, 2014).

A matriz de interação é uma metodologia simples e apresenta como vantagens a possibilidade de comparar diversas alternativas de intervenção, abrangendo os meios físico, biótico e socioeconômico. A desvantagem está na subjetividade em relação a magnitude,

a não identificação dos impactos indiretos e das características temporais, assim como a impossibilidade de projeções futuras (Sánchez, 2013).

Em contrapartida, a sua vantagem consiste na combinação das ações humanas e seus indicadores de impactos nos eixos, propiciando uma interpretação multidisciplinar na intersecção das linhas com as colunas.

Para a identificação dos aspectos e impactos ambientais foram apontados critérios para significância referente a situação encontrada de forma geral nos pontos em estudo, como mostra o Quadro 01 a seguir:

Quadro 01. Principais itens, critérios e descrição para análise da significância dos impactos.

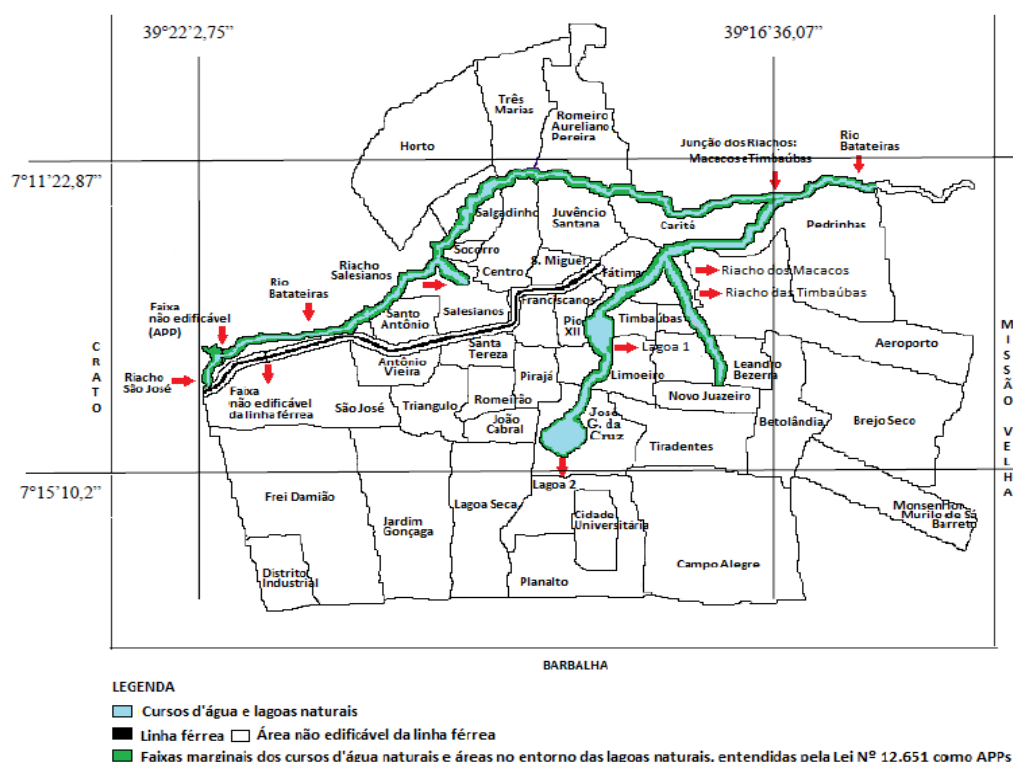
Itens	Critérios	Descrição
Responsabilidade	Direta (D)	Aspecto gerado pelos moradores
	Indireta (I)	Aspecto associado aos serviços contratados de terceiros
Classe	Benéfico (B)	Impacto que altera positivamente o meio ambiente
	Adverso (A)	Impacto que altera negativamente o meio ambiente
Temporalidade	Passada (P)	Impacto identificado no presente, porém decorrente de atividades desenvolvidas no passado
	Atual (A)	Impacto decorrente de atividade atual
	Futura (F)	Impacto previsto, decorrente de alterações nas atividades a serem implementadas no futuro.
Abrangência	Pontual (1)	Atinge somente a área de deposição de RCD
	Local (3)	Atinge somente a área compreendida entre a deposição de RCD e seus limites
	Regional (5)	Atinge a área fora dos limites do local de deposição de RCD
Gravidade	Baixa (1)	Danos poucos significativos, reversíveis em curto prazo
	Média (3)	Danos consideráveis, reversíveis em médio prazo
	Alta (5)	Danos severos, efeitos irreversíveis em médio prazo
Frequência	Baixa (1)	Ocorre uma vez por mês ou menos
	Média (3)	Ocorre duas ou mais vezes por mês
	Alta (5)	Ocorre uma ou mais vezes por dia

Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2014); Souza (2009)

PONTOS CRÍTICOS

Os pontos considerados críticos na presente pesquisa situam-se nos bairros: Aeroporto, Salesiano, Limoeiro, José Geraldo Cruz, Santa Tereza, Timbaúba, Salgadinho e Pio XII. Estes estão inseridos na bacia hidrográfica do rio Salgado, tendo como principal sistema de drenagem o rio Batateira e seus afluentes: os riachos São José, Salesianos, Macacos e Timbaúbas. conforme Figura 02.

Figura 02. Delimitação das áreas localizadas as margens dos cursos d'água naturais e nos entornos das lagoas naturais localizadas na zona urbana de Juazeiro do Norte - CE.



Fonte: Menezes (2016)

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/2002 os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

Vieira (2017), considera pontos crítico os locais de acúmulo em grande proporção de lixo em ruas e terrenos desocupados, os quais atraem vetores, mau cheiro e propagação de doenças pela contaminação no local.

Os pontos identificados na Figura 02, como sendo Lagoa 1 e Lagoa 2, referem-se à Lagoa das Timbaúbas e Lagoa da Apuc, locais onde situam-se os Bairros: Timbaúbas, Limoeiro, José Geraldo da Cruz e Pio XII. Essas áreas também são contempladas com os riachos dos Macacos e das Timbaúbas, onde são mais susceptíveis à poluição e contaminação devido ao fácil acesso para despejos de forma incorreta dos RCDs pela própria população.

As áreas que possuem declividades, como também próximas à locais de preservação, encostas, também foram incluídas como pontos críticos para discussões dos resultados.

LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS VOLTADAS AOS RCD'S

Nível federal

Conforme Marinho (2018), após a Constituição de 1988, foi permitido o envolvimento da sociedade na estruturação das políticas públicas, sendo que a partir dessa participação sugeriram determinadas leis, as quais se destacaram com o passar dos anos.

No ano de 1997, criou-se a Lei Federal nº 9433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos assegurando a atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com o objetivo de coordenar a gestão integrada das águas, assim como os conflitos relativos aos recursos hídricos.

Em 1998, criou-se a Portaria MPO nº 134, que instituiu o PBQP-H que prevê, através do Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras (SIQ-Construtoras), a necessidade da “consideração dos impactos no meio ambiente, dos resíduos sólidos e líquidos produzidos pela obra (entulhos, esgotos, águas servidas), definindo um destino adequado para os mesmos”, como condição para qualificação das construtoras no nível A.

O Estatuto das Cidades, Lei nº 10.257/2001, dita importantes diretrizes para o desenvolvimento dos centros urbanos brasileiros, prevendo a necessidade de proteção e preservação do meio ambiente natural e construído, exigindo que os municípios adotem políticas de acordo com o Plano Diretor.

Com o intuito de estabelecer critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, ditando as principais ações para minimizar os impactos ambientais surge a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Essa Resolução considera que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos.

É importante ressaltar que a Lei nº 11.445/2007, estabelece as diretrizes nacionais para saneamento básico. Dentre os princípios fundamentais dessa lei está previsto, para o poder público, o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305/2010, institui alguns aspectos interessantes, como o conceito do poluidor/pagador e protetor/recebedor, em que atribui o conceito de responsabilidade compartilhada na gestão dos resíduos, introduz ainda como instrumento da política, a coleta seletiva, a logística reversa, além de outras ferramentas relacionadas ao ciclo de vida de um produto.

Nível municipal

Em um cenário em que a degradação ambiental se transforma em questão social e econômica decadente, as organizações sociais e ministérios públicos, sob a égide da Lei nº 9.605 (Lei Federal do Meio Ambiente), cobram das municipalidades instrumentos de ação adequados para o cumprimento das leis orgânicas, que, em geral, já estabelecem como sendo da competência de cada município preservar o meio ambiente local e prover a localidade de soluções eficazes de limpeza e destinação de resíduos (Pinto e Gonzáles, 2005).

No município de Juazeiro do Norte, a Lei municipal nº 3689 de 28 de maio de 2010, dispõe sobre o serviço e regimento da coleta de entulho no município, assim como, o Decreto Municipal nº 296-2017 de 21 de janeiro de 2016, destinados as empresas de coletas e deposição de RCDs, que dispõe de diretrizes no gerenciamento da destinação de resíduos e coleta de entulhos dentro do município.

Normas técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no ano de 2004, publicou as primeiras normas relacionadas a classificação e disposição correta dos RCDs. Na Tabela 03 mostra as principais normas da ABNT em relação aos resíduos sólidos.

Tabela 03. Principais normas da ABNT relacionadas aos resíduos sólidos.

NORMAS	FINALIDADES
NBR 15.112/2004	Resíduos de construção e resíduos volumosos; Áreas de transbordo e triagem; Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.113/2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes; Aterro; Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.114/2004	Resíduos sólidos da construção civil; Áreas de reciclagem; Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15.115/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil; Execução de camadas de pavimentação; Procedimentos
NBR 15.116/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil; Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural

Fonte: ABNT (2019)

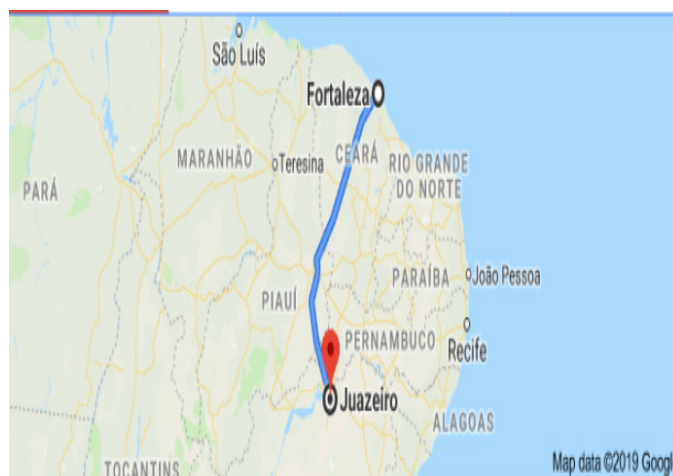
METODOLOGIA

Área em estudo

O município de Juazeiro do Norte (Figura 01), interior do Estado do Ceará, compreende uma área de 258,788 km² e os limites geográficos compreendendo entre Caririaçu Crato, Barbalha e Missão Velha. É distante 528 km da capital Fortaleza e possui uma população

de aproximadamente 303.004 habitantes (IBGE, 2022).

Figura 01. Mapa do Ceará com destaque ao município de Juazeiro do Norte.



Fonte: Google Maps (2018)

Delineamento da pesquisa

Essa pesquisa classifica-se como um estudo de caso de caráter exploratório e abordagem qualitativa e quantitativa. Conforme Cervo e Silva (2006), a pesquisa de caráter exploratória estabelece métodos e técnicas que visam obter informações a respeito do objeto pesquisado de forma a guiar na formulação de hipóteses.

Fonseca (2002), menciona que a pesquisa quantitativa só pode ser entendida diante da análise de dados brutos com o objetivo de esclarecer e descrever as causas de um fenômeno.

As visitas de campo e coleta de dados foram realizadas no mês de março de 2019, através de entrevistas realizadas aos órgãos ambientais do município de Juazeiro do Norte, como Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Públicos (SEMASP), Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU), aos moradores dos bairros periféricos e carroceiros, bem como, aplicação de inventário para verificação da classificação dos RCDs nos pontos em estudo.

Coleta de dados

A escolha dos pontos clandestinos foram realizados por meio de um levantamento de 50 pontos de disposição de resíduos sólidos no Município de Juazeiro do Norte – CE, executado pela Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU), nas quais destes, foram selecionados 10 pontos situados em áreas periféricas e considerados críticos por possuírem maior quantidade de resíduos da construção e demolição em áreas de risco (áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d`água, lotes vagos), caracterizando-se

como locais ideais para explanação da problemática da presente pesquisa.

Foram realizadas entrevistas diretamente com os gestores municipais do órgão ambiental competente, por meio de questionário, contendo um total de 11 questões, as quais abordaram sobre os seguintes itens: existência de áreas específicas para a deposição de resíduos da construção civil e demolição, dentre elas lixões ou aterros sanitários; quanto à atuação do município, possui aterro ou reciclagem de RCDs de classe A, como tijolos, blocos, telhas, dentre outros, de igual modo, existe o mesmo tipo de tratamento para resíduos de classe B, como plástico, papel, vidro e outros materiais com uma degradação longa. Além dessas abordagens, foram enfatizadas questões sobre o controle de deposição irregular de RCDs e quais ações seriam voltadas para que houvesse o reaproveitamento, reciclagem ou outra destinação de forma adequada desses resíduos.

Para as visitas realizadas nos locais dos despejos dos RCDs, foram preenchidos inventários, com o objetivo de verificar os principais tipos de resíduos da construção e demolição depositados em áreas clandestinas, bem como observar a regularidade desses despejos. Nestes continham as seguintes informações: Se existia presença de catadores no local; Proximidade à rios e córregos, assim como, áreas com declives; Demarcação do terreno com cercas ou muros; Quantidade de RCDs e os tipos de materiais encontrados no local analisado.

As fotografias retiradas buscaram complementar as informações elencadas nos inventários, bem como mostrar a real situação dos locais de descarte irregular dos RCDs em áreas periféricas do município de Juazeiro do Norte- CE.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levantamento dos pontos críticos – Áreas periféricas

As áreas periféricas onde ocorrem as deposições clandestinas dos resíduos da construção e demolição no município de Juazeiro do Norte foram selecionadas a partir do documento da AMAJU, intitulado “Diagnóstico de resíduos sólidos de Juazeiro do Norte/ CE”, na qual, foram escolhidos 10 (dez) pontos específicos situados na periferia dos bairros, onde foram definidos com áreas “críticas” (áreas próximas à cursos d’água superficiais, áreas de encostas, com declividades, que indicam riscos à saúde pública) na presente pesquisa e georreferenciadas, conforme mostra a Tabela 04.

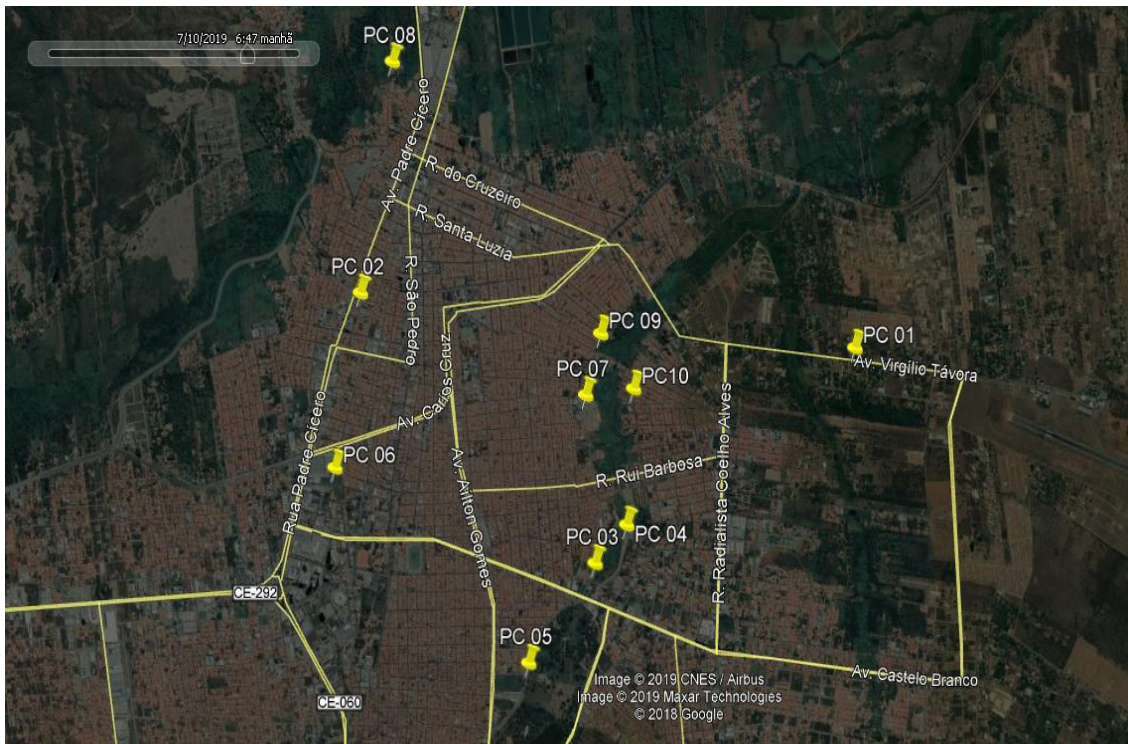
Tabela 04. Pontos críticos da deposição de RCDs

Pontos críticos de deposição de RCDS				
Pontos	Localização	Bairro	Coordenadas	
			Latitude	Longitude
01	Rua Aparício Rocha Sobreira com Avenida Virgílio Távora	Aeroporto	7°12'46.98"S	39°17'17.51"O
02	Rua Santa Clara	Salesianos	7°12'35.72"S	39°19'17.12"O
03	Rua Paula Bezerra	Limoeiro	7°13'31.31"S	39°18'20.33"O
04	Rua Madre Maria Nely Sobreira	Limoeiro	7°13'23.36"S	39°18'12.67"O
05	Rua Antônio Pereira da Silva	José Geraldo da Cruz	7°13'51.68"S	39°18'36.34"O
06	Rua Tabeião Machado	Santa Tereza	7°13'11.60"S	39°19'23.20"O
07	Avenida José Bezerra	Timbaúba	7°12'56.68"S	39°18'22.61"O
08	Rua Joana Batista Holanda	Salgadinho	7°11'48.01"S	39°19'09.42"O
09	Rua Domingos Sávio com Avenida José Bezerra	Pio XII	7°12'43.98"S	39°18'18.97"O
10	Rua José Araujo Sobrinho	Timbaúba	7°12'55.36"S	39°18'11.04"O

Fonte: AMAJU (2019).

Os pontos críticos de 01 ao 10, serão descritos a seguir, para melhor caracterizar as áreas periféricas quanto ao descarte irregular de RCDs (Figura 02).

Figura 02. Pontos críticos da deposição de RCDs



Fonte: Google Earth (2019)

Bairro aeroporto

Localiza-se distante aproximadamente 5,6 km do centro urbano do município de Juazeiro do Norte, possuindo uma população 1.096 habitantes (IBGE, 2010). A área periférica onde ocorrem os despejos constantes de resíduos da construção e demolição situa-se nas seguintes ruas como delimitações: ao Norte, a Rua Raimundo Gonçalves de Santana; ao Sul, a Rua Profa. Cícera Germano Corrêa; ao Leste, a Rua Aparício Rocha Sobreira; ao Oeste, tem-se a Rua Raimundo Gonçalves de Santana, conforme Figura 03 (Bem Filho, 2013).

- **Ponto 01** - Rua Aparício Rocha Sobreira com Avenida Virgílio Távora

No local constatou-se a presença de resíduos sólidos da construção civil, aproximadamente quatro montes de entulhos. Os materiais identificados eram dispostos pelos moradores da proximidade, bem como por carroceiros. Os principais tipos de materiais identificados foram: tijolos, podas de árvores e concreto (Figura 03).

Figura 03. Principais RCDs do Ponto 01 - tijolos, podas de árvores e concreto



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Bairro Salesianos

O Bairro Salesianos localiza-se distante aproximadamente 1,8 km do centro urbano do município de Juazeiro do Norte. Possuindo as seguintes ruas como delimitações: ao Norte, a Rua José Pereira Cansanção; ao Sul, a Rua Pio X; ao Leste, a Rua Santa Clara; ao Oeste, tem-se a Avenida Padre Cícero (Bem Filho, 2013).

Conforme o censo no ano de 2010, o bairro possui uma população de 13.879 habitantes (IBGE, 2010).

- **Ponto 02 - Rua Santa Clara**

O seguinte ponto encontra-se próximo ao centro urbano do município de Juazeiro do Norte, localização favorável para o descarte de construções das vizinhanças depositados por carrinho de mão e até mesmo por carroceiros. No local foram encontrados tijolos e concreto (Figura 04).

Figura 04. Principais RCDs do Ponto 02 - tijolos e concreto



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Bairro Limoeiro

O Bairro Limoeiro localiza-se distante aproximadamente 4,2 km do centro urbano do município de Juazeiro do Norte. Possuindo as seguintes ruas como delimitações: ao Norte, a Rua Madre Maria Nely Sobreira; ao Sul, a Avenida Castelo Branco; ao Leste, a Rua Madre Maria Vilac; ao Oeste, tem-se a Rua Arnaldo Parente (Bem Filho, 2013). Possui população de 12.143 habitantes (IBGE, 2010).

- **Ponto 03 - Rua Paula Bezerra**

O ponto de acúmulo de resíduos encontra-se nas proximidades de um rio. Apesar da deposição de resíduos no local, no ano de 2016, o terreno estava em fase de terraplanagem o que não impediu a contínua deposição de entulhos até o momento. No local foram encontrados tijolos, gesso, lixo domiciliar e móveis velhos, conforme Figura 05.

Figura 05. Principais RCDs do Ponto 03 - tijolos, gesso, lixo domiciliar e móveis velhos

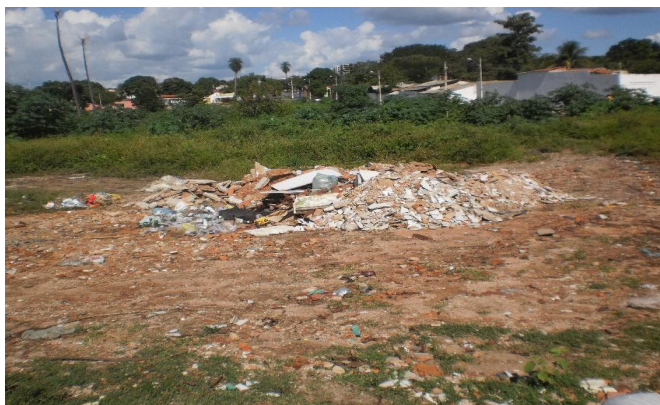


Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

- **Ponto 04** - Rua Madre Maria Nely Sobreira

Esse ponto localiza-se em terreno que possui declividade e situa-se nas proximidades de um rio Timbaúba. O terreno não é cercado o que facilita a deposição irregular dos resíduos sendo característicos de construções e demolições dispostos por carroças. Os materiais identificados foram tijolos, podas de árvore e gesso (Figura 06).

Figura 06. Principais RCDs do Ponto 04 tijolos, podas de árvore e gesso



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Bairro José Geraldo da Cruz

Situa-se aproximadamente 5,4 km do centro urbano do município e possui as seguintes ruas como delimitações: ao Norte, a Rua Otonio Lira da Cruz; ao Sul, a Avenida Ailton Gomes; ao Leste, a Avenida Antônio Pereira da Silva; ao Oeste, tem-se a Avenida Ailton Gomes (Bem Filho, 2013). O Bairro possui uma população de 4.640 habitantes (IBGE, 2010).

- **Ponto 05** - Rua Antônio Pereira da Silva

Foi observado que o terreno vazio se encontrava cercado, dificultando a deposição de resíduos no interior, favorecendo a deposição de resíduos ao longo da Rua Antônio Pereira da Silva, invadindo a via em alguns pontos, como no exemplo da Figura 07. Nota-se que a maior parte dos resíduos são lixo domiciliares, mas também foram identificados tijolos, gesso e concreto.

Figura 07. Principais RCDs do Ponto 05- tijolos, gesso e concreto.



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Bairro Santa Tereza

Está distante aproximadamente 2,2 km do centro urbano do município de Juazeiro do Norte. Possui as seguintes ruas como delimitações: ao Norte, a Rua Paulo Maia; ao Sul, a Rua João Ferreira Lustosa; ao Leste, a Rua José Andrade Lavor; ao Oeste, tem-se a Avenida Padre Cicero (Bem Filho, 2013). Possui uma população de 6.926 habitantes (IBGE, 2010).

- **Ponto 06** - Rua Tabelião Machado

É um terreno que possui declividade, e por encontrar-se cercado, a deposição dos resíduos é realizada nas proximidades da via pavimentada. Foi identificado grande quantidade de lixo domiciliar e materiais característicos de construção. A deposição é feita por carroceiros do município, conforme indica a Figura 08.

Figura 08. Principais RCDs do Ponto 06- lixo domiciliar e materiais característicos de construção.



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Bairro Timbaúba

Esse ponto possui uma distância de aproximadamente 3,2 km do centro urbano municipal. O Bairro é cortado pelo riacho das Timbaúbas. Possui uma população de 12.446 habitantes (IBGE, 2010) e as seguintes ruas como delimitações: ao Norte, a Avenida Virgílio Távora; ao Sul, a Rua Carolina Sobreira; ao Leste, a Avenida Coronel Humberto Bezerra; ao Oeste, tem-se a Avenida José Bezerra (Bem Filho, 2013).

- **Ponto 07 - Avenida José Bezerra**

Esse ponto situa-se próximo à Rua Eptácio Pessoa. Observou-se que no local possui bastante resíduos característicos da construção civil, como tijolos, concreto, gesso e vidros. Assim como, podas de árvores no terreno. O local não é cercado, o que facilita a deposição irregular de RCD (Figura 09).

Figura 09. Principais RCDs do Ponto 07- tijolos, concreto, gesso e vidros, podas de árvores.



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Bairro Salgadinho

Situa-se nas proximidades do Memorial Padre Cicero e do anel viário, sendo distante aproximadamente 3,1 km do centro urbano (Bem Filho, 2013). O Bairro possui uma população de 1.301 habitantes (IBGE, 2010).

- **Ponto 08** – Rua Joana Batista Holanda

O local mencionado possui deposição de resíduos de forma irregular, mesmo o terreno possuindo cerca, apesar de não mostrar no relatório fotográfico abaixo (Figura 10). Percebe-se que no local, além dos RCDs como tijolos e concreto, possui lixo domiciliar e podas de árvores.

Figura 10. Principais RCDs do Ponto 08- tijolos, concreto, lixo domiciliar e podas de árvores.



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

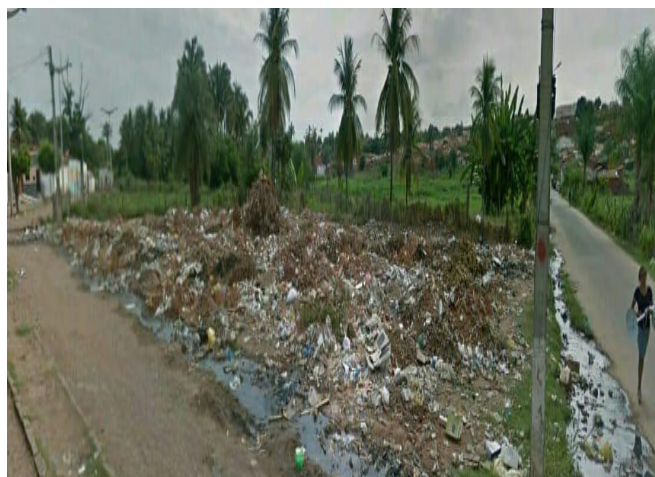
Bairro Pio XII

A população para esse bairro, segundo dados do IBGE (2010), é de 11.099 habitantes. Situa-se a uma distância de 1,9 km do centro urbano municipal. As ruas principais como referências são: ao Norte, a Rua Sete de Setembro; ao Sul, a Rua Domingos Sávio; ao Leste, o riacho Timbaúba; ao Oeste, tem-se a Avenida José Bezerra (Bem Filho, 2013).

- **Ponto 09** – Rua Domingos Sávio com Avenida José Bezerra

No terreno observou-se que o maior volume do entulho no local possui características da construção civil, como tijolos, concreto, gesso e argamassa (Figura 11).

Figura 11. Principais RCDs do Ponto 09- tijolos, concreto, lixo domiciliar e podas de árvores.



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Ponto 10 – Rua José Araújo Sobrinho

Esse ponto situa-se no Bairro Timbaúba. Cabe ressaltar que, o terreno fica nas proximidades do riacho das Timbaúbas e possui declividade. Os resíduos encontrados no local são provenientes da construção civil, sendo a maioria, tijolos e concreto (Figura 12).

Figura 12. Principais RCDs do Ponto 10 - tijolos e concreto



Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Análise das condições de descarte dos RCDs

A situação da realidade ambiental nas áreas de deposições clandestinas está descrita na Tabela 05. Ela relaciona os pontos estudados com as condições visuais encontradas *in loco*, com as características, classificação dos RCDs, controle de descarga e existência de sinalização nas áreas afetadas.

Tabela 05. Análise das condições de descarte dos RCDs

Ponto	Localização	Característica	Classificação dos RCDs	Controle de descarga/ Sinalização
01	Aeroporto	Ponto clandestino	Classe A	Não possui
02	Salesianos	Ponto crítico	Classe A e C	Não possui
03	Limoeiro	Ponto crítico	Classe A, B e C	Não possui
04	Limoeiro	Ponto clandestino	Classe A e C	Não possui
05	José Geraldo da Cruz	Ponto crítico	Classe A e C	Não possui
06	Santa Tereza	Ponto clandestino	Classe A	Não possui
07	Timbaúba	Ponto crítico	Classe A e C	Não possui
08	Salgadinho	Ponto clandestino	Classe A	Não possui
09	Pio XII	Ponto crítico	Classe A e C	Não possui
10	Timbaúba	Ponto crítico	Classe A	Não possui

Fonte: Sampaio *et al.* (2025).

De acordo com os pontos críticos analisados na Tabela 05, percebe-se que a maioria dos RCDs encontrados das deposições clandestinas pertencem às classes A, B e C, conforme a classificação da Resolução do CONAMA nº 307/2002.

Os resíduos do grupo A são provenientes da construção, demolição, reformas e reparos, na qual, têm como constituição: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento), argamassa e concreto.

Após a aplicação dos questionários aos moradores e carroceiros, foi possível verificar que as deposições clandestinas e irregulares são resultantes, na maioria dos casos, de processos de autoconstrução, onde são realizadas pela população mais pobre das áreas periféricas do município, e que os moradores não dispõem de recursos financeiros para contratação de mão de obra qualificada para execução de serviços de reformas, demolição ou reparos. Também foram identificados resíduos da construção de classe B, como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, e outros e de classe C, como o gesso.

Outro aspecto detectado quanto às respostas obtidas nas entrevistas dos moradores dessas localidades é que a insistência quanto a deposição, exatamente nessas áreas, é principalmente por causa da distância entre a geração e destinação. Dessa forma, os carroceiros conseguem executar o serviço de transporte de RCD por baixo custo, principalmente quando se atribui as distâncias que são reduzidas, porque já há um hábito de lançamento desses resíduos em qualquer área.

Quanto a geração de montes de entulho nos pontos críticos e clandestinos, se torna uma problemática nos aspectos sociais, econômicos e ambientais, principalmente quando esse agravante acaba atingindo a própria população depositante de RCD.

De certa maneira, os pontos clandestinos, por não possuírem nenhum tipo de sinalização ou controle de descarga, tornam-se locais de referência para deposição de

resíduos mais contaminantes e perigosos, prejudicando como consequência, as chances de reaproveitamento ou reciclagem de outros materiais, como seria o caso dos resíduos de classe A e B.

Matriz: aspectos e impactos ambientais

A identificação dos aspectos e impactos ambientais, bem como a significância do impacto nos pontos estudados, serão descritos na matriz de interação apresentada no Quadro 02:

Quadro 02. Matriz: aspectos e impactos ambientais

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais							Avaliação da signifi- cância do impacto					
	Alteração na qualidade das águas	Contaminação do solo	Deterioração da qualidade do ar	Assoreamento de cursos d'água	Interferência na flora local	Alterações nas condições de saúde	Poluição visual	Responsabilidade	Classe	Temporalidade	Abrangência	Gravidade	Frequência
Modificação do hábitat								D/I	A	A	3	5	5
Alteração na cobertura do solo								D/I	A	A	1	5	5
Proliferação de vetores								D/I	A	A	3	3	3
Acúmulo de resíduos								D/I	A	A	1	5	5
Geração de resíduos perigosos								D/I	A	A	3	3	3
Risco de incêndio								D/I	A	F	3	3	3
Emissão de gases								D/I	A	F	5	3	3

Fonte: Sampaio *et al.* (2025)

Na matriz de interação, verifica-se que devido as áreas de deposição de RCD serem situadas em locais que possuem lagoas, riachos, córregos, vegetação e declividade, se tornam, mais vulneráveis à descartes clandestinos pela população e por empresas do setor da construção civil. Gerando, consequentemente, os principais aspectos ambientais como, modificação do hábitat, alteração na cobertura do solo, acúmulo de resíduos e geração de resíduos perigosos.

Por sua vez, esses aspectos ambientais contribuem para a contaminação do solo e alteração na qualidade das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, inclusive a

influência do descarte dos resíduos perigosos, como as tintas, solventes, baterias e gesso por exemplo, corrobora na potencialização desses impactos ambientais.

É importante ressaltar que os despejos clandestinos acabam favorecendo uma cadeia de fatores, como o assoreamento dos corpos d'água, que contribuem para os alagamentos das vias e o carreamento dos resíduos, que são arrastados, entupindo bueiros e bocas de lobo, acarretando enchentes e propiciando um veículo de transmissão de doenças à população.

Outro fator a ser considerado é que mediante a quantidade de entulhos encontrados, nos pontos analisados, muitas vezes o local é poluído visualmente e conseqüentemente o entorno é desvalorizado. Além disso, favorece a proliferação de macro e microvetores, por conter nesses locais, resíduos sólidos comuns (restos de comida), que facilitam a decomposição e geração de gases voláteis, deteriorando a qualidade do ar devido aos maus odores e propiciando risco de incêndio.

Ao analisar a significância dos impactos, foi verificado que, de certa forma, a causa dos despejos frequentes nos pontos analisados é Direta (D) e Indireta (I), pois as responsabilidades seriam atribuídas tanto a população, que não tem uma orientação quanto aos riscos desses despejos inadequados, quanto aos maiores geradores da construção civil, que são as empresas do setor. Porém, associa-se à essa responsabilidade a questão do poder público que deve promover melhores medidas para fiscalização e monitoramento dessas ações.

Tendo em vista a adversidade dos impactos causados pelos RCD, foi obtido na matriz a significância do tipo classe A, pois nos pontos analisados os resíduos depositados alteram negativamente o meio ambiente.

Com relação a temporalidade, o uso do solo para tal finalidade acaba modificando a estrutura e ecossistema do solo local constantemente, à medida que, os RCD são depositados com composições variadas de materiais, caracterizando-se na matriz como uma ação Atual (A). Quando são adicionados aos RCD, os resíduos urbanos domiciliares, em proporção menor comparando-se com a da construção civil, existe a Futura (F) emissão de gases e riscos de incêndio.

A deposição de RCD em locais pontuais e específicos, como em áreas críticas, obteve uma abrangência de grau 1 e 3. Como a emissão de gases provenientes da volatilização dos resíduos domiciliares misturados aos RCD, que pode ser disseminado com o ar, apontou-se para esse aspecto ambiental um grau 5 (regional).

Entretanto, com os impactos negativos decorrentes do depósito de resíduos da construção e demolição com frequência variando de duas ou mais vezes por mês (3) a uma ou mais vezes por dia (5), relacionou-se então com a significância da gravidade que variou de média (3) a alta (5), implicando que muitas vezes os danos são irreversíveis quanto à esse tipo de impacto ambiental.

Gerenciamento dos RCDs

De acordo com as respostas obtidas no questionário do poder público, o município possui apenas 3 empresas cadastradas e com licenças para deposição dos resíduos da construção e demolição em áreas autorizadas: Artplast, Flamax e Ferroplast.

A Artplast é uma empresa atuante no setor de reciclagem atendendo a região do Cariri, localiza-se no Bairro Três Marias em Juazeiro do Norte. A empresa não trabalha com resíduos de vidro e nem com resíduos orgânicos. Na empresa, geralmente, são reciclados os seguintes materiais: papelão, papéis e plásticos. Os materiais passam por processo de triagem, separação, moagem e lavagem.

A Flamax também se encontra localizada no município de Juazeiro do Norte, cujo objetivo são os de executar serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos, assim como, a incineração de resíduos da saúde.

Em se tratando da Ferroplast, os resíduos são obtidos em empresas dos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. O papelão é prensado e vendido para uma empresa de Pernambuco, o plástico é reciclado, moído e revendido para as indústrias de sacolas recicláveis e o ferro velho é encaminhado para a Gerdau.

Quanto à reciclagem dos RCD, os catadores de materiais recicláveis coletam os resíduos que podem ser reaproveitados.

A Lei Municipal nº 3689 de 28 de maio de 2010 dispõe sobre o serviço e regimento da coleta de entulho no município, assim como, o Decreto Municipal nº 296-2017 de 21 de janeiro de 2016, destinados as empresas de coletas e deposição de RCDs, que dispõe de diretrizes no gerenciamento da destinação de resíduos e coleta de entulhos dentro do município.

CONCLUSÃO

Foi verificado que em Juazeiro do Norte, nos 08 bairros mencionados como áreas periféricas, a deposição de resíduos de construção e demolição (RCD) vem sendo realizada de maneira clandestina, especificamente em áreas não apropriadas para este fim, agravando os problemas ambientais e socioeconômicos para o entorno e para a população.

A maioria dos RCDs das deposições clandestinas pertencem às classes A, B e C, conforme a classificação da Resolução do CONAMA nº 307/2002.

Devido as áreas de deposição de RCD serem situadas em locais que possuem lagoas, riachos, córregos, vegetação e declividade, se tornam, mais vulneráveis à descartes clandestinos pela população e por empresas do setor da construção civil, gerando conseqüentemente, os principais aspectos ambientais: modificação do hábitat, alteração na cobertura do solo, acúmulo de resíduos e geração de resíduos perigosos.

Ao analisar a significância dos impactos foi verificado que as responsabilidades seriam atribuídas tanto a população, que não têm uma orientação quanto aos riscos desses despejos inadequados, quanto aos maiores geradores da construção civil, que são as empresas do setor. Porém, associa-se à essa responsabilidade a questão do poder público que deve promover melhores medidas para fiscalização e monitoramento dessas ações.

É necessário o cumprimento da Lei Municipal de nº 3689/2010 e do Decreto Municipal de nº 296-2017 que dispõe de diretrizes no gerenciamento da destinação de resíduos e coleta de entulhos dentro do município, pois a fiscalização quanto ao cumprimento destas legislações não é efetiva, e para minimização dessa problemática seria necessário uma dinâmica mais otimizada quanto gerenciamento dos resíduos da construção e demolição focada em fiscalizações mais assíduas dos órgãos competentes quanto às empresas do setor, bem como, a orientação da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO RASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AUTARQUIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE JUAZEIRO DO NORTE/CE (AMAJU). Diagnóstico de Resíduos Sólidos: Juazeiro do Norte/CE, 2016

BEM FILHO, M. **Juazeiro do Norte: Seu Espaço Físico: bairros, loteamentos, escolas, praças, vias, igrejas, mapa urbano/Mario Bem Filho, Juazeiro do Norte (CE): Expressão Gráfica e Editora, 2013.**

BRASIL, **Ministério do Meio Ambiente, Conselho nacional do meio Ambiente – CONAMA.** Resolução nº 307, de 05/07/2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17/07/2002. Seção 1, p. 95-96.

CERVO, A. L. **Metodologia científica/Amado Luiz Cervo, Pedro Alcino Bervian, Roberto da Silva. 6º Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.**

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais.** v.13, n.5, dez. 2014, p.3821-3830.

EEA. **Utilização e gestão sustentáveis dos recursos naturais.** Copanhagen, 2005. Report nº 9. Disponível em: <http://reports.eea.europa.eu/eea>. Acesso em: 05 de Jun 2025.

FREITAS, I. M. **Os Resíduos de Construção Civil no município de Araguara/SP.** 2009. 86f. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário de Araguara – UNIARA, Araguara, São Paulo, 2009.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de Saneamento.** 4. Ed. Ver. Brasília: Fundação Nacional de Saude, 2015. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhWkgAH/manual-saneamento-2015>. Acesso em: 05 jun 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONOMICA – IPECE. **Perfil municipal da cidade de Juazeiro do Norte, Ceará**, 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>. Acesso em: 05 jun 2025.

LINTZ, R. C. C.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; PIMENTEL, L. L.; GACHET-BARBOSA, L. A. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, 2012.

MENDES, T. A.; REZENDE, L. R.; OLIVEIRA, J. C.; GUIMARÃES, R. C.; CARVALHO, J. C.; VEIGA, R. Parâmetros de uma pista experimental executada com entulho reciclado, 2004, Rio de Janeiro. **Anais da 35ª Reunião Anual de Pavimentação**, Rio de Janeiro, 19 a 21/10/2004.

MENEZES, A. R. V. **Condições de salubridade ambiental em áreas não edificáveis em Juazeiro do Norte – CE**. Dissertação, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável (PRODER), UFCA. 2016.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ – MPPR. **Revista Meio Ambiente**. Disposição dos resíduos sólidos urbanos, 2008. Disponível em: <http://www.meioambiente.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=44>. Acesso em: 05 jun 2025.

VIEIRA, P. L. **Educação ambiental**: a resposta para o problema de resíduos sólidos urbanos. Artigo. Curitiba, 2017.

VG RESIDUOS. **Riscos dos resíduos sem tratamento**: impactos para o meio ambiente, 2018. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/riscos-dos-residuos-sem-tratamento>. Acesso em: 05 jun 2025.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

SANTOS, A. L. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos e demolição (RCC): análise das construtoras associadas ao SINDUSCON/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim – RN**. 2009. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2009

SILVA FILHO, A. F. **Gestão dos resíduos sólidos das construções prediais na cidade de Natal – RN**. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE EM UM CANTEIRO DE OBRAS EM JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

Valeska Karoline Nergino Bezerra¹;

Centro Universitário Paraíso (UniFAP) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8099040624361668>

Joselania Gonçalves Rats²;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7633732641057594>

Jefferson Macedo do Nascimento³;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/5508143271957474>

José Ricardo Temoteo Monte⁴;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2889829481020627>

Joaquim Rodrigues da Silva Neto⁵;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/8662641105797350>

Maria Wesline Cardoso Viana⁶;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) - Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/2198750887845635>

Sarah Luana Maia do Nascimento⁷;

Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus do Pici.

<http://lattes.cnpq.br/3133681234721596>

Rildson Melo Fontenele⁸;

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -

Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/9114260410299837>

Anielle dos Santos Brito⁹.

Faculdade de Tecnologia do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC – FATEC) -
Campus Juazeiro do Norte.

<http://lattes.cnpq.br/7523803980086935>

RESUMO: Sendo o desperdício de materiais da construção civil um fator preocupante, o presente capítulo tem como objetivo analisar os indicadores de sustentabilidade através dos princípios da construção enxuta e do índice do desempenho ambiental em um canteiro de obras em Juazeiro do Norte, Ceará. A pesquisa foi desenvolvida através do estudo de caso, no qual foi utilizada a análise da aplicabilidade dos onze princípios da construção enxuta no sistema de fôrmas de alumínio para concreto autoadensável, como também análise do consumo de água, energia e produção de resíduos. Após a coleta de dados e alimentação da tabela de aplicação dos princípios, foi possível desenvolver os cálculos para a obtenção dos resultados de natureza quantitativa para os indicadores utilizados. Os resultados para os indicadores dos princípios da construção enxuta foram considerados “Bom”, acerca do consumo de água no sistema de fôrmas. Os resultados mostraram-se eficientes, quanto ao consumo energético, as técnicas aplicadas tornaram a gestão de energia mais eficaz. Para a produção de resíduos, a empresa faz uso do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos a qual controla a geração de resíduos durante o processo produtivo. Assim, foi possível observar que trabalhar os princípios da construção enxuta associados ao melhor gerenciamento dos materiais, como também conduzir de maneira adequado os resíduos produzidos durante a construção, tornou a obra mais eficiente e praticamente sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Construção enxuta. Eficiência energética. Gestão de resíduos. Indicadores ambientais.

ANALYSIS OF SUSTAINABILITY ON A CONSTRUCTION SITE IN JUAZEIRO DO NORTE – CEARÁ

ABSTRACT: Since the waste of construction materials is a concern, this chapter aims to analyze sustainability indicators through the principles of lean construction and the environmental performance index at a construction site in Juazeiro do Norte, Ceará. The research was developed through a case study, in which the analysis of the applicability of the eleven principles of lean construction in the aluminum formwork system for self-compacting concrete was used, as well as the analysis of water and energy consumption and waste production. After collecting data and entering the application table of the principles,

it was possible to develop calculations to obtain quantitative results for the indicators used. The results for the indicators of the lean construction principles were considered “Good”, regarding water consumption in the formwork system. The results were efficient, regarding energy consumption, the techniques applied made energy management more effective. For waste production, the company uses the Solid Waste Management Plan, which controls the generation of waste during the production process. Thus, it was possible to observe that working with the principles of lean construction associated with better management of materials, as well as properly managing the waste produced during construction, made the work more efficient and practically sustainable.

KEY-WORDS: Energy efficiency. Environmental indicators. Lean construction. Waste management.

INTRODUÇÃO

O desperdício de materiais da construção civil é bastante preocupante no Brasil. De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos nacional, a construção civil é responsável por gerar cerca de 122.262 toneladas de resíduos por dia. Esse número engloba os descartes provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, além do que é resultante da preparação e escavação de terrenos para obras civis (ABRELPE, 2014).

No Estado do Ceará, especificamente na Região Metropolitana do Cariri (RMC), Juazeiro do Norte é o município que mais tem apresentado índices de evolução do setor da construção civil nos últimos anos e, em nível nacional, é a quinta cidade interiorana em termos de crescimento (Costa, 2017).

Esse destaque é resultado de uma forte influência comercial e de turismo religioso, onde os meses de fevereiro, setembro e novembro tem um expressivo aumento populacional, proporcionando um investimento acentuado por parte das empresas ligadas ao comércio da construção.

Além desses fatores, tal crescimento no setor da construção civil também é influenciado pela demanda das instituições públicas e privadas, condizentes as instalações de várias Universidades e Faculdades na região, ampliação de serviços de saúde, favorecendo na inserção de edifícios e conjuntos habitacionais.

Diante dessas informações, a redução de perdas físicas proporciona a minimização do impacto provocado pelo descarte desses resíduos, bem como se enquadra nas políticas ambientais de sustentabilidade preconizada pela Lei 12.305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Paes, 2011).

Tal fato corrobora, cada vez mais, por adoção de métodos construtivos inovadores na execução de obras, a partir do uso de tecnologias que optam por utilizar sistemas de construção padronizados *in loco* com auxílio de fôrmas de alumínio, método comumente utilizado atualmente no Município, aplicando a “construção enxuta” ao mesmo tempo em

que há o acompanhamento do gerenciamento ambiental através do uso de indicadores, e consequentemente elencando pontos positivos concernentes ao controle de perdas.

Entretanto, a implementação de gerenciamento adequado do processo produtivo dentro do canteiro de obras corrobora para otimização do uso de matérias-primas, favorecendo uma diminuição de custos, redução de resíduos e de tempo em retrabalho no setor.

Frente aos fatores que minimizam a crise ambiental na construção civil, é de suma importância, a inclusão de indicadores de sustentabilidade em projetos de canteiros de obras, para que no planejamento quanto à concepção, a escolha dos materiais, a menor geração de resíduos, e a racionalização quanto ao consumo de água e energia sejam efetivamente realizados.

Ao mesmo tempo que, o uso de indicadores de sustentabilidade auxilia na identificação de modificações das atividades dentro do canteiro de obras durante o ciclo de vida do empreendimento, contribuindo, por sua vez, para o desenvolvimento de estratégias voltadas para a sustentabilidade.

Assim, é de fundamental importância que a construção civil no município, pelo histórico do crescimento no setor, empregue medidas que contribuam para um gerenciamento de canteiro de obras otimizado, propiciando o aprimoramento nas etapas de execução dos processos e consequentemente atender ao quesito sustentabilidade.

Ante o exposto, o objetivo da presente pesquisa foi analisar os indicadores de sustentabilidade em um canteiro de obras através dos princípios da construção enxuta e do índice do desempenho ambiental em Juazeiro do Norte, Ceará. Considerando-se que esse assunto é recente e de suma importância.

REVISÃO DE LITERATURA

Construção enxuta

A construção enxuta é definida como um fluxo de materiais e/ou informações desde a matéria-prima até o produto final (Koskela, 1992), que é uma adaptação do modo de produção de Kurek aplicados na indústria automobilística. Visando atender aos quesitos de prazos, qualidade e custo, Koskela enumera 11 princípios como forma de planejamento e controle da produção. Esses princípios são descritos a seguir:

- **Reduzir a parcela das atividades que não agregam valor:** denominadas de desperdícios não agregam qualquer valor, mesmo consumindo tempo, espaço e recursos;
- **Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes:** identificar as necessidades dos clientes e usar estas informações na elaboração do

projeto e gestão da obra;

- **Reduzir a variabilidade:** variabilidade nos processos anteriores relacionados aos fornecedores, variabilidade no próprio processo relacionado à execução e a variabilidade na demanda relacionada às necessidades e desejo do cliente;
- **Reduzir o tempo de ciclos:** é o somatório de todos os tempos para produzir, transportar, inspecionar e de espera de um determinado produto;
- **Simplificar por meio da redução do número de etapas:** reduzindo-se o número de passos ou etapas de um processo, a tendência é que diminuam também as atividades que não agregam valor;
- **Aumentar a flexibilidade de saída:** refere-se ao aumento das possibilidades ofertadas sem que seja necessária aumentar substancialmente o seu valor;
- **Aumentar a transparência do processo:** o aumento da transparência do processo pode identificar problemas mais facilmente durante a execução do serviço, diminuindo a possibilidade de erro;
- **Focar o controle no processo completo:** o controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega da obra. Então faz-se necessário haver uma integração entre os diferentes níveis de planejamento (Bernardes, 2003);
- **Introduzir melhoria contínua no processo (Kaizen):** gerar melhorias contínuas, promovendo redução de desperdícios;
- **Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões:** por fluxo entende-se a movimentação de materiais, informações e produtos em processo até chegar a este posto, e por conversão entende-se o trabalho isolado executado em um posto operativo;
- **Benchmarking:** estabelecimento de metas e de ações para atingí-las baseado em comparações com os melhores resultados de processos semelhantes.

A partir dos princípios da construção enxuta, é possível perceber que a redução de desperdícios gera melhoria contínua e promove qualidade para a construção civil. Como exemplo, a redução de resíduos sólidos a partir de métodos construtivos inovadores nos canteiros de obras em quase sua totalidade, como sugerido por este princípio, promove aumento da produtividade, redução de custos e redução de impactos ambientais (Sarmiento, 2018).

Utilização de fôrmas de alumínio

O método do sistema de fôrmas de alumínio é um método que originalmente surgiu nos Estados Unidos na década de 70 e foi apresentada como uma tecnologia revolucionária na área da construção civil.

As fôrmas são construídas com painéis e chapas metálicas e formadas com modelagem *in loco*. Esse sistema “é constituído por fôrmas montadas a partir de placas de alumínio extrudado, que se ajustam por pinos e cunhas de engate rápido. Suas juntas perfeitas garantem uma concretagem lisa e homogênea” (SF, 2017). Assim, as formas agem como uma estrutura provisórias modelando o concreto lançado para a formação da parede e deve permanecer até que o concreto adquira resistência suficiente para iniciar a desmontagem.

Esse método tem como uma das grandes vantagens a construção rápida, além da redução de desperdício, já que o material utilizado é produzido em quantidade suficiente para o uso. A ideia é transformar a obra em uma linha de montagem, com sua sequência determinada por processos bem planejados, desde a montagem até desmontagem da fôrma, além disso, não é necessária utilização de mão de obra especializada (Núcleo de referência, 2017).

A utilização de fôrmas de alumínio é um método sustentável, pois oferece a opção de reciclagem quando não puder ser mais utilizado. No canteiro de obras há o controle da produção de entulho o que ocasionalmente diminui o impacto ambiental, e onde a redução de materiais, mão de obra e aumento da produtividade ocorre. Dessa maneira, a evolução de filosofias como o da construção enxuta, bem como, o crescimento de novos métodos construtivos associados a novas tecnologias é relevante para conseguir alcançar a qualidade total e mostrar o quão importante é para o meio ambiente, porque seu impacto em relação aos resíduos sólidos é insignificante.

Sustentabilidade na construção

O setor da construção civil tem papel fundamental para a realização dos objetivos do desenvolvimento sustentável, uma vez que, de acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB), é o que mais consome recursos naturais, utiliza energia de forma intensiva e gera significativa quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Além disso, visa proporcionar a qualidade de vida das pessoas por meio do espaço construído (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

Assim, a sustentabilidade na construção consiste em um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, atendendo às necessidades de habitação do homem da atualidade e preservando o meio ambiente e os recursos naturais, a fim de garantir a qualidade de vida para as atuais e futuras gerações, conforme o Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA, 2019).

Ainda, segundo o IDHEA (2019), existem nove princípios para que haja a construção sustentável: planejamento sustentável da obra; aproveitamento passivo dos recursos naturais; eficiência energética; gestão e economia de água; gestão dos resíduos na edificação; qualidade do ar e do ambiente interior; conforto termoacústico; uso racional de materiais; e uso de produtos e tecnologias ambientalmente amigáveis.

Nessa mesma linha, o Plano Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é regido pela portaria de número 383 de 14 de junho de 2018 e tem por objetivo organizar o setor da construção civil em torno da melhoria da qualidade das construções habitacionais e a modernização produtiva, através da qualificação de construtoras, mão de obra, fornecedores de materiais e serviços. Atrelando a isso, o PBQP-H passou a solicitar o acompanhamento de indicadores de desempenho relacionado à sustentabilidade das construções.

Sendo um sistema da gestão de qualidade voltado especificamente para as construtoras, o PBQP-H possibilita grandes avanços na gestão da empresa, tornando-a mais rentável e lucrativa. Isso se dá devido à redução de custos com melhoria da qualidade no aumento da produtividade, na qualificação dos recursos humanos e modernização tecnológica e gerencial. Isso para a construtora resulta em vantagens significativas e gera ganho para todas as partes interessadas, desde o cliente que recebe produtos e serviços conformes ao mercado por elevar o nível da competição, até a empresa que terá uma margem de lucro maior.

Para a implantação da certificação é necessária uma adequação da empresa as normas técnicas regidas pela NBR 15.575 da ABNT, a qual diz que, os requisitos dos usuários devem ser atendidos de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Logo após, a empresa passa por mais oito processos avaliativos distribuídos em: a) Gestão estratégica e abordagem de processos (avaliação geral da forma de trabalho da empresa); b) Documentos gerais (definição de como será a estrutura da informação da sua empresa); c) Concepção dos empreendimentos (Entendimento e conhecimento dos empreendimentos da empresa); d) Planejamento de obra (planejamento e adequação das obras envolvida, conforme pré-requisitos legais); e) Compras (definição dos critérios de compra e armazenamento dos materiais); f) Gestão de treinamento (definição do treinamento da equipe); g) Gestão administrativa (definição dos processos internos), por fim, h) Auditoria interna e certificação (com a finalização de todos os processos há uma análise das etapas, a fim de verificar as conformidades adquiridas pela empresa), ao fim de todo o processo e cada etapa aprovada, a empresa receberá o certificado validado pelo PBQP-H.

Indicadores de desempenho ambiental da obra

Indicadores de desempenho ambiental são fundamentais na avaliação de impactos ambientais gerado por um produto e, pelo meio de resultados obtidos, a empresa pode verificar pontos críticos e adotar soluções de gestão ambiental que proporcione melhorias

no processo.

Consumo de água

A construção civil tem grande potencial consumidor de água, sendo um dos materiais indispensáveis e necessários em várias etapas da obra. Para que uma construção seja ecologicamente correta, fazem-se necessárias ações que reduzam e aperfeiçoem o uso desse líquido.

Segundo Oliveira e Gonçalves (1999), apud Marques *et al.* (2017) sugerem que as ações visando à evolução de práticas e conscientização sobre desenvolvimento sustentável na construção civil sejam estruturadas de acordo com aspectos tecnológicos, econômicos e sociais, assim construindo ações que diminuam o consumo de água.

Para que ocorra a diminuição dos impactos proveniente do elevado consumo de água, devem ser elaboradas estratégias que resultam na economia de água, dentre as estratégias a serem adotadas estão (Gangoellis *et al.*, 2009 apud Oliveira, 2017):

- **Eficiência no consumo:** consiste em favorecer a economia de água, através da melhoria da eficiência de aparelhos e instalações e redução do consumo no canteiro de obras;
- **Captação de recursos:** Trata-se de aproveitar as águas que circulam pelo próprio canteiro de obras, considerando-as como recursos para as suas necessidades, em função das exigências reais de qualidade de cada uso;
- **Melhora da qualidade da água ao devolvê-la ao meio.**

Além de estratégias de otimização, também se faz necessário à identificação de possíveis falhas, como por exemplo, vazamentos.

Consumo de energia

Esse setor enfrenta um grande desafio ao tentar aumentar a eficiência energética durante e após a execução da obra, pois é responsável por uma das maiores demandas energética do mundo (Baltar; Kaehler; Pereira, 2006 apud Marques *et al.*, 2017), sendo observado pouco potencial de redução.

Para que haja redução do consumo de energia pela construção civil, é necessária a criação de estratégias de controle de energia nos canteiros de obras, incluindo a prática de selecionar equipamentos que contenham alta eficiência, incentivar hábitos de condução que reduzem a quantidade de combustível usado, realizar manutenções em equipamentos e veículos (Gangoellis *et al.*, 2009 apud Oliveira, 2017).

Vale salientar também a necessidade de manter as máquinas e veículos ligados somente quando necessário (Araújo, 2009 apud Oliveira, 2017), sendo imprescindível também que haja um trabalho de conscientização por parte da equipe para que seja uma das maneiras de auxiliar nessa economia.

Produção de resíduos

A construção civil é um dos setores que mais produz resíduos sólidos, em uma ordem de 50% da massa total dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, além dos impactos que causam quando destinados de forma inadequada (Cardoso, 2006 apud Oliveira, 2017).

De acordo com a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, define como resíduo todo e qualquer material provenientes de construções, reformas, reparos e demolições, e os resultados da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc.. Sendo que, é necessário que todo o material recolhido nos canteiros de obras tenha destinação correta.

Ainda de acordo com a resolução nº 307/2002:

“É preferível à reutilização dos resíduos na própria obra, seguida da reciclagem, beneficiamento e por último, quando esgotar todas as possibilidades, a disposição final em local adequado, de forma que os depósitos não interfiram e nem altere o ciclo de vida dos seres, além da disposição correta desses resíduos, é necessária a busca de outros métodos para evitar que o mesmo seja destinado para aterros, devido ficar cada vez mais restritas as áreas disponíveis para a disposição de RCC (Resíduos de Construção Civil)” (Oliveira, 2017).

O controle da produção e destinação desses resíduos deve ser levado como um fator primordial para a sustentabilidade.

METODOLOGIA

Caracterização da obra

A pesquisa foi realizada em um canteiro de obra localizado na cidade de Juazeiro do Norte (Figura 01), situada no Sul do Estado do Ceará com longitude 39° 18' 55" e latitude 7° 12' 47, sendo limitada ao Norte com o município de Cariri, ao Sul com os municípios do Crato, Barbalha e Missão Velha, ao Leste com os municípios de Missão Velha e Cariri e ao Oeste com o município do Crato (IPECE, 2017).

Figura 01. Mapa de localização do Juazeiro do Norte no Ceará.



Fonte: PEFOCE (2019)

O mercado da construção civil vem crescendo em Juazeiro do Norte, pois as diversificações das construções tanto no setor público como no privado têm contribuído para o quadro de crescimento. Segundo o Sistema Nacional de Emprego (Instituto de Desenvolvimento de Trabalho - Sine/IDT), em 2019 o nível de empregabilidade do setor na região chega a 18%, um crescimento de 14% em relação ao ano anterior.

A empresa estudada trabalha com o método de sistema de fôrmas de alumínio. Dessa maneira, o empreendimento é caracterizado como uma empresa de construção civil com mais de 100 funcionários, entre eles, engenheiro civil, mestre de obra, pedreiro, servente, pintor, eletricista, encanador, marceneiro, técnica em segurança do trabalho, auxiliar em engenharia, almoxarife e serviços terceirizados.

A pesquisa realizada, cuja mesma é uma obra de edificação residencial, onde a construção é formada por 129 unidades habitacionais em duas ruas paralelas, com área total de 20.228, 49 m², área do terreno de 156, 81m² e área construída de 104, 82m² por cada casa.

A empresa possui alguns programas com ações de sustentabilidade como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), que é um documento técnico que aponta a quantidade de geração de cada tipo de resíduo e mostra a forma correta de manejo e tipologia.

Delineamento do estudo

O estudo foi baseado em revisão bibliográfica e visitas de campo, abordados pelos métodos qualitativos e quantitativos. A pesquisa bibliográfica baseou-se em revisão de literatura, para qual foram utilizados como referência artigos publicados, monografias, teses e dissertações.

Na pesquisa qualitativa foi realizada a coleta de dados através de uma entrevista individual, observações e fotografias das etapas do processo construtivo, e a quantitativa foi realizada através da aplicação dos dados obtidos nas equações 1 e 2 para analisar os indicadores da construção enxuta, e das equações 3, 4, 5, 6, 7 e 8 para analisar os indicadores de desempenho ambiental da obra quanto ao consumo de água, energia e geração de resíduos.

Coleta e análise de dados

Indicadores da construção enxuta

Para o desenvolvimento da pesquisa na obra em estudo, foram realizadas visitas no período de 10 de dezembro de 2018 até 01 de fevereiro de 2019 com o intuito de observar todo o processo construtivo do sistema de fôrmas de alumínio, e da concretagem até a fase de acabamento de algumas casas.

Durante as visitas em campo foram realizados registros fotográficos e aplicação de questionário, bem como análises de documentos de controle da empresa, com o intuito de obter melhores informações sobre o processo construtivo aplicado.

As questões abordadas para entrevista foram elaboradas após a revisão bibliográfica segundo proposições de Kurek *et al.* (1996) e Koskela (1992), bem como de acordo com a vivência no canteiro de obras. A partir desse embasamento teórico, foi possível a inserção de perguntas mais relevantes de acordo com os princípios da construção enxuta.

Desta forma, o questionário obteve 11 princípios com um total de 36 perguntas, com itens relacionados ao controle de execução e o planejamento da obra, administração de suprimentos e estoques dos materiais, controle de produção e equipes polivalentes para melhor evidenciar as práticas da construção enxuta. Essas questões foram aplicadas diretamente ao gerente de obras para obtenção de respostas concisas.

Quanto ao tópico relacionado ao sistema construtivo em questão, os pontos proeminentes foram: o tempo com o qual se trabalha com esse sistema construtivo; a qualidade que o sistema de fôrmas é executado; se há algum treinamento para os funcionários que trabalham na parte da montagem e desmontagem das fôrmas e a relação dos desperdícios de materiais.

O sistema construtivo é realizado em apenas dois dias, contando com a concretagem; a qualidade de execução do sistema é boa; há treinamento para funcionários que trabalham nas fôrmas; há seletiva de lixo em toda a obra. Com isso, pode-se analisar a importância que a empresa oferece para sua obra, através de profissionais capacitados e novas tecnologias, buscando o crescimento e o aperfeiçoamento de seus funcionários.

A organização do campo de respostas foram “Sim”, “Não” ou “Não se aplica”, segundo Kurek *et al.* (1996).

Ao final é gerado um indicador por princípio (IPi) e um índice de construção enxuta (ICE), através das equações 1 e 2 a seguir:

$$IPi = (PO/PP) \times 10 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

IPi = indicador por princípio;

PO = pontos obtidos;

PP = pontos possíveis (nº de itens do princípio).

Apresentando individualmente cada princípio, é possível identificar a situação de cada um, possibilitando a verificação de que precisam ser mais trabalhados ou até mesmo, implantados, caso a prática ainda não exista (Kurek, 2005).

$$ICE = \Sigma (IPi \times p) / (\Sigma p) \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

O coeficiente de ponderação *p* é 0,909, já que existem onze princípios ($10/11 = 0,909$).

Segundo Kurek (2005), a pontuação por princípios possibilita uma análise da situação individual de cada caso, com indicadores que autorizam analisar com clareza o que poderá ser feito especificamente para a inclusão da construção enxuta dentro da empresa estudada.

Índice de desempenho ambiental da obra

Os indicadores vêm tornando-se um recurso importante na medição de sustentabilidade de obras e são conjuntos de medição de desempenho.

O Plano Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PQBP-H) estabelece como requisito para o seu processo de certificação, para os campos de consumo de água, energia e produção de resíduos os seguintes indicadores com respectivas medições (Novis, 2014):

Consumo de água:

- **Ao longo da obra:** consumo de água potável no canteiro de obras por trabalhador por mês (medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em m³ de água/trabalhador);

Consumo de água em m³Nº de trabalhadores

(Equação 3)

- **Ao final da obra:** consumo de água potável no canteiro de obras por m² de área construída (medido de modo acumulado ao final da obra em m³ de água/m² de área construída).

Consumo de água em m³m² de área construída

(Equação 4)

Consumo de energia:

- **Ao longo da obra:** consumo de energia elétrica no canteiro de obras por trabalhador por mês (medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em kWh de energia elétrica/trabalhador);

Consumo de energia em kWhNº de trabalhadores

(Equação 5)

- **Ao final da obra:** consumo de energia no canteiro de obras por m² de área construída (medido de modo acumulado ao final da obra em kWh de energia elétrica/m² de área construída).

Consumo de energia em kWhm² de área construída

(Equação 6)

Produção de Resíduos:

- **Ao longo da obra:** volume total de resíduos descartados (excluído solo) por trabalhador por mês (medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em m³ de resíduos descartados/trabalhador);

$$\frac{\text{Quantidade total de RCC produzido por m}^3}{\text{N}^\circ \text{ de trabalhadores}}$$

(Equação 7)

- **Ao final da obra:** volume total de resíduos descartados (excluído solo) por m² de área construída (medido de modo acumulado ao final da obra em m³ de resíduos descartados/m² de área construída).

$$\frac{\text{Quantidade de RCC produzida por m}^3}{\text{m}^2 \text{ de área construída}}$$

(Equação 8)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os principais resultados obtidos neste estudo de caso através da aplicação de checklist, preenchimento de inventários, observações e fotografias para obtenção de dados pertinentes a análise da sustentabilidade no canteiro de obras serão apresentados a seguir:

Princípios da construção enxuta

Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

- É realizado o abastecimento e armazenamento dos materiais? SIM.
- Existe alguma metodologia para melhoria do fluxo evitando a espera ou movimentações redobradas? SIM.
- Os materiais são devidamente organizados no canteiro de obras? SIM.

O princípio associa com a redução, e se possível, o cancelamento das atividades de fluxo. O almoxarife é responsável pelo abastecimento de suprimentos de toda a obra, aciona os fornecedores e aprovisionamento de materiais de acordo com o andamento da obra, a fim de eliminar a espera por materiais.

Para diminuir a movimentação dos funcionários, alguns materiais como blocos pré-moldados e telhas, são colocados pelos fornecedores em frente ou dentro de cada casa que estavam sendo realizadas as atividades. As cerâmicas, materiais de elétrica e materiais de hidráulica, por exemplos, são armazenados dentro do próprio almoxarifado (Figura 02).

Os materiais são armazenados e organizados em almoxarifado e sempre dentro dos procedimentos exigidos pelo PBPQ-H.

Figura 02. Almoxarifado



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes

- d) É realizado algum procedimento de prestação dos serviços já executados antes da entrega da obra? AINDA NÃO SE APLICA.
- e) É fornecido aos clientes algum informativo, contendo as orientações necessárias sobre as limitações do sistema construtivo durante a vida útil do empreendimento? AINDA NÃO SE APLICA.
- f) A empresa vai realizar algum levantamento após a ocupação do empreendimento a fim de verificar o nível de satisfação dos proprietários? SIM.

Para análise nesse princípio ainda não é aplicável informativos, contendo orientações sobre as limitações do sistema construtivo durante a vida útil do empreendimento, mas logo após a execução da obra foi fornecido ao cliente um manual do proprietário, cujo objetivo de instruir o morador como deve manter seu patrimônio em condições favoráveis de morada, e com isso preservá-lo sempre em um bom estado.

A empresa irá realizar algumas avaliações pós-ocupação, a fim de avaliar o nível de satisfação do cliente, e permaneçam algumas equipes de manutenções para realização de reparos se necessário.

Reduzir a variabilidade

- g) O tempo de construção de uma casa é rápido? SIM.
- h) A cura do concreto é otimizada com esse método? SIM.
- i) Existe alguma preparação dos trabalhadores no canteiro de obra em relação ao seu determinado setor? SIM.

A empresa procura aplicar este princípio em todos os setores dentro da construção, trabalhando com a padronização do tempo, através de uma meta estipulada de execução de cada serviço, por exemplo, a montagem das fôrmas é realizada em apenas um dia, a instalação elétrica em apenas dois dias, emassamento em quatro dias. A cura do concreto se inicia em 7 dias e mais 21 dias para a finalização dela, podendo ser considerada otimizada.

Pode ser observado que já existem medidas de redução da variabilidade estabelecida durante o acompanhamento do planejamento e do uso de técnicas e ferramentas como moldes (Figura 03).

Além disso, os colaboradores recebem treinamentos específicos para cada função a exercer e treinamento em conjunto por setor.

Figura 03. Ferramentas moldes



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Reduzir o tempo de ciclos

- j) São determinados metas ou ciclos de produção? SIM.
- k) A empresa traça metas para cada setor? SIM.
- l) A mão de obra é reduzida (trabalha com equipes pequenas)? SIM.

A redução de tempo de ciclo pode ser analisada na obra em estudo através do embutimento dos eletrodutos na montagem das fôrmas (Figura 04). A distribuição das equipes no canteiro de obras para executar lotes de tarefas menores e disposição de materiais próximos aos locais de utilização, podendo minimizar o tempo de transporte, sendo uma das medidas citadas anteriormente quanto à eliminação das atividades de fluxo, são também exemplos da busca da redução do tempo de ciclo da obra.

A empresa traça metas estipulando um ciclo semanal de cinco unidades na parte de montagens das casas. Já na parte de acabamento, cada serviço tem uma meta determinada pelo engenheiro da obra, e que são trabalhadas por equipes pequenas de no máximo três pessoas.

Figura 04. Embutimento de eletrodutos.



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Simplificar por meio da redução do número de etapas

- m) São feitas exigências, durante a contratação da mão de obra, quanto as suas especializações? SIM.
- n) Existe a disponibilidade de matérias, equipamentos, ferramentas e informações em locais adequados que evitem o deslocamento desnecessário dos operários? SIM.
- o) São utilizados pré-fabricados? SIM.

Para cada função e profissão existe um grau de instrução e qualificação. Para minimizar os deslocamentos desnecessários, todos os materiais e equipamentos são disponibilizados em almoxarifados móveis e identificados por setor.

A simplificação, no sistema construtivo da obra, se dá pela utilização de elementos pré-fabricados como blocos (Figura 05) e chapim, eliminando o número de etapas para execução destes elementos. A empresa vem buscando constantemente novas técnicas que auxiliam na redução do número de passos.

Figura 05. Blocos pré-fabricados



Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Aumentar a flexibilidade de saída

- p) A empresa busca inovações tecnológicas que se adaptem às suas obras, como a utilização de mão de obra de outros locais? SIM.
- q) Estas inovações buscam melhorar tanto o processo quanto os fluxos? SIM.
- r) Existem equipes polivalentes? SIM.

A empresa contrata operadores polivalentes para sua obra, visto que essa ação contribui de forma benéfica, pois o funcionário pode exercer várias funções dentro de uma célula de trabalho, tornando-o um profissional multifuncional, com treinamento e uma qualificação profissional. Ela vem buscando inovações tecnológicas quanto à metodologia construtiva, que se adaptem a sua obra através de profissionais qualificados de regiões diferentes.

Aumentar a transparência do processo

- s) Há sinalização dos locais que serve de apoio a mão de obra? SIM.
- t) A empresa disponibiliza de meios que informem sobre a execução do sistema construtivo na área de trabalho, caso o operário chegue a ter dúvidas na hora da execução? SIM.

A sinalização de equipamentos, materiais e espaços físicos da obra e de cada ambiente, através de placas orientativas, como por exemplo, almoxarifado, bebedouros, banheiros, coleta de lixo etc. A empresa fornece a cada funcionário instruções de serviços (IS) que informa quais as etapas de execução e quais materiais devem usar para determinado serviço.

Além disso, é realizado o controle visual da obra através de inspeções dos serviços sendo executados, por meio de fichas de verificações de serviços, buscando manter o controle e qualidade do serviço. Esses são alguns dos exemplos que a empresa busca transparência do processo de produção da obra.

Focar o controle no processo completo

- u) Existe planejamento a longo, médio e curto prazo? SIM.
- v) Existe alguma parceria com fornecedores a fim de reduzir o tempo de descargas dos materiais? SIM.
- w) Trabalha com estoques reduzidos e com entrega parcial de materiais? SIM.

O controle do desempenho das atividades nas casas é executado através de monitoramentos semanais dos planejamentos de curto e médio prazo, apenas. Existe uma planilha de acompanhamento que contém todos os serviços já executados e seus custos.

São utilizados equipamentos mecânicos pela empresa para o recebimento de alguns materiais como blocos, eles são entregues em paletes com descarregamento mecanizados, no entanto o restante de materiais como telhas, cerâmicas e argamassa são descarregados manualmente.

Os materiais são fornecidos de acordo com a necessidade da obra, o almoxarife aciona o centro de distribuição e comunica o que falta para concluir determinado serviço em um determinado período, e os materiais são mandados parcialmente, a fim de facilitar o controle no processo.

Introduzir melhoria contínua no processo (Kaizen)

- x) Os processos são padronizados e as equipes são fixas? SIM.
- y) São realizadas reuniões com a equipe para resolver problemas e discutir melhorias? SIM.
- z) Possui algum programa que apoiam a mão de obra? NÃO.

A empresa busca sempre se reunir com seus funcionários para discutir sobre o andamento da obra, aplicando metas para todos os setores construtivos de seus processos atualizados através de ações de melhoria contínua, visto que essas ações são consideradas importantes.

Os processos raramente são mudados, e a empresa costuma trabalhar com equipes fixas, assim facilitando o aperfeiçoamento em determinada função.

Manter o equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

- aa) A empresa busca inovações tecnológicas que se adaptem às suas obras? SIM
- ab) Os processos utilizados são racionalizados? NÃO.
- ac) Estas inovações buscam melhorar tanto o processo quanto ao fluxo? SIM.

Para a aplicação deste princípio, além das melhorias fornecidas citadas anteriormente, são utilizadas no processo executivo da obra betoneiras autocarregáveis e gabaritos de portas, com a finalidade de equilibrar a melhoria de conversões e fluxo, aumentar a produtividade dos colaboradores e diminuir seus esforços físicos.

Benchmarking

- ad) A construtora reconhece seus pontos fracos, processos possíveis de melhoria? SIM.
- ae) Emprega métodos e processos utilizados em outras empresas que apresentaram bons resultados? AINDA NÃO SE APLICA.
- af) Consegue adaptar as boas práticas à realidade da construtora? SIM.

Na construtora é feito um mapeamento onde são abordados os possíveis erros, e a empresa vem sempre buscando melhoria no seu processo de execução.

O sistema construtivo da obra é observado através do interesse da empresa, em buscar conhecer e aprender os processos de outras empresas que construa pelos métodos das fôrmas de alumínio, como também o método construtivo tradicional.

Cálculo dos indicadores da construção enxuta

Após a coleta de dados e preenchimento da Tabela 01 de aplicação dos princípios, obteve-se os seguintes resultados para a pesquisa, conforme Equação 1:

Tabela 01. Resultados obtidos dos 11 princípios, pontos possíveis (PP), pontos obtidos (PO) e dos indicadores por princípio (Ipi) no canteiro de obras

Princípios	Pontos possíveis (PP)	Pontos obtidos (PO)	IPI
1	3	3	10,0
2	3	1	3,33
3	3	3	10,0
4	3	3	10,0
5	3	3	10,0
6	3	3	10,0
7	2	2	10,0
8	3	3	10,0
9	3	2	6,66
10	3	2	6,66
11	3	2	6,66
Total			93,31
ICE			8,48

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Cálculo do índice de construção enxuta (ICE)

A partir dos resultados obtidos na Tabela 02, o cálculo do ICE segue abaixo:

$$ICE = \frac{\sum (IPI \times p)}{\sum p} = \frac{(10,0 + 3,33 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 10,0 + 6,66 + 6,66 + 6,66)}{11 \times 0,909} = 8,48$$

Desse modo, com base no formulário proposto por Kurek (2005), o ICE propõe que a prática de gestão aplicada pela empresa quanto aos métodos construtivos e utilizações de

novas tecnologias, contribuem para a eficiência desejada quanto ao processo produtivo, pois o resultado obtido foi de aproximadamente 8,48, um índice considerado “Bom”, implicando que há uma significativa adesão à construção enxuta.

Cálculo dos índices de desempenho ambiental da obra

Análise dos indicadores de consumo de água

O indicador calculado referente ao “método ao longo da obra” em relação ao consumo de água se deu por meio dos dados apresentados na Tabela 02, onde se encontra o volume consumido de água e o número de funcionários da obra, por mês referente ao ano de 2018.

Tabela 02. Valores do consumo de água mensal

Consumo de água mensal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
m ³ (água)	08	15	06	10	10	15	18	25	12	05	04	10
Nº de funcionários	19	19	19	19	28	38	46	50	52	85	85	106

Fonte: Empresa em estudo (2019)

Os valores obtidos pelo indicador de consumo de água ao longo da obra constam na Tabela 03, na qual, aponta-se o consumo de água potável no canteiro de obra referente ao ano 2018.

Tabela 03. Valores do consumo de água mensal (m³/nº func.)

Método ao longo da obra											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,42	0,79	0,32	0,53	0,36	0,40	0,39	0,50	0,23	0,05	0,04	0,09

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

É importante ressaltar que o consumo de água referente aos meses de janeiro e fevereiro em m³, conforme Tabela 02 e Tabela 03, são referentes ao consumo de bebedouros, refeitórios, banheiros e lavagem das fôrmas. Os resultados obtidos nos dois primeiros meses foram considerados alto, variando de 08 a 15 m³ para um total de 19 funcionários, ou seja, um consumo médio superior a 265 litros/pessoa.dia.

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2011) estabelece um consumo diário por pessoa em torno de 110 litros. No entanto, a inexistência de programas relacionados ao consumo de água de forma consciente é reflexo desses resultados.

Outro fator que também pode ser ressaltado, para justificativa do elevado consumo, seria a ocorrência de algum tipo de vazamento ou problema no hidrômetro, tendo em vista que, a obra permanecia parada por questões de fiscalizações.

Quanto aos meses de outubro a dezembro (Tabela 02 e Tabela 03), foi observado um reduzido consumo de água e elevado número de funcionários, devido à etapa de construção que exigia um número significativo de mão-de-obra. No entanto, o reduzido consumo foi devido à utilização de água do poço profundo, situado na própria obra, para atender a demanda construtiva das habitações. Caso, para essa atividade, fosse utilizado água diretamente da rede de abastecimento, haveria um consumo bastante elevado.

Desse modo, para melhor controle quanto a esse indicador, era utilizado carro-pipa com capacidade de transportar 8.000 litros de água, onde realizava duas viagens por dia, na fase de acabamento, chegando ao total de 16.000 litros/dia e 38.4000 litros/mês.

Dentro do canteiro de obra eram usados tambores com capacidade de 200 litros que recebiam toda água do carro-pipa, e eram espalhados em aproximadamente 10 tambores próximos a 04 betoneiras que se situavam em frente ao serviço fazendo traço de concreto com água e cimento (a/c) e que chegavam a consumir 16.000 litros/dia.

É importante salientar que, o próprio método construtivo de fôrmas de alumínio favorece um baixo consumo de água, comparado aos métodos convencionais.

Os dados apresentados na Tabela 04, referente ao cálculo do indicador do “método ao final da obra” aborda o volume total de consumo de água e a área construída da obra.

Tabela 04. Valor total do consumo de água e área construída

Dados da obra	
Consumo total de água (m ³)	Área construída da obra (m ²)
138	25.921,26

Fonte: Empresa estudada (2019)

A partir dos dados encaminhados pela construtora, foi obtido o indicador de consumo de água ao final da obra (Tabela 05).

Tabela 05. Indicador de consumo de água ao final da obra

Método ao final da obra
m ³ de água consumida/m ² de área construída
0,00532

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

O consumo de água de cada mês resultou em 0,00532 m³/m². Diante disso, pode-se afirmar que o método de sistemas de fôrmas de alumínio é eficiente, pois nota-se o baixo consumo de água, de acordo com o método construtivo não se utiliza muito água no sistema, apenas na lavagem das formas após cada concretagem para evitar que o concreto fique tomado.

Análise dos indicadores de consumo de energia

O indicador calculado referente ao “método ao longo da obra” em relação ao consumo de energia consta na Tabela 06, onde se encontra o volume consumido de energia e o número de funcionários das obras por mês referente ao ano de 2018.

Tabela 06. Valores de consumo de energia

Consumo de energia mensal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
KWh (energia)	793	725	746	807	707	898	949	1143	1805	1461	1531	2105
Nº de funcionários	19	19	19	19	28	38	46	50	52	85	85	106

Fonte: Empresa estudada (2019)

Os valores obtidos pelo indicador de consumo de energia ao longo da obra constam na Tabela 07, neles são apontados o consumo de energia no canteiro de obras.

Tabela 07. Indicador do consumo de energia ao longo da obra (kWh/nº func.)

Método ao longo da obra											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
42	38,2	39,3	42,5	25	23,6	20,6	22,9	34,7	17,2	18	19,9

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Pode-se observar que há uma variação de picos em relação ao consumo de energia em KWh em função do número de funcionários, variando de 707 KWh a 2105 KWh com 28 a 106 funcionários, respectivamente.

A energia era utilizada diretamente no canteiro de obras, exatamente no local de execução das betoneiras, além dos usos de ferramentas como makita, marteleiro e as utilizadas no escritório que também eram usadas em locais específicos, havendo assim, um maior controle quanto ao consumo.

O consumo de energia relacionado a cada mês era relativo ao tipo de serviço que seria realizado no canteiro de obra, por essa razão, a discrepância de valores.

A realização do cálculo do indicador referente ao “método ao final da obra” consta na Tabela 08, onde se encontra o volume total de consumo de energia e a área da obra.

Tabela 08. Valor total de energia e área construída

Dados da obra	
Consumo total de energia(kWh)	Área construída da obra (m²)
13670	25921,26

Fonte: Empresa estudada (2019)

A partir dos dados encaminhados pela construtora foi obtido o indicador de consumo de energia ao final da obra (Tabela 09).

Tabela 09. Indicador de consumo de energia ao final da obra

Método ao final da obra
kWh de energia consumida/m² de área construída
0,53

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

Analisando os dados obtidos para o “método final da obra” resultou em 0,53 kWh/m², significando que, se obteve um menor consumo por meio de número de funcionários. Baseado nesse indicador, nota-se que a obra usou técnicas mais eficazes de gestão e que a certificação ambiental é um estímulo para a gestão de consumo de energia (Novis, 2014), como também o método construtivo influencia no baixo consumo de energia e por ser um processo rápido na execução, diferentemente do método construtivo tradicional, pode-se dizer que o consumo de energia é menor.

Análise dos indicadores de produção de resíduos sólidos da construção civil

Na Tabela 10 são apresentados o volume descartado de resíduos sólidos dentro da construção civil e o número de funcionários da obra, por mês, referente ao ano de 2018 fornecido pela construtora.

Tabela 10. Produção mensal de resíduos sólidos

Resíduo mensal da obra												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
m³ (resíduo)	05	05	10	05	15	10	15	25	30	20	40	10
Nº de funcionários	19	19	19	19	28	38	46	50	52	85	85	106

Fonte: Empresa estudada (2019)

O cálculo da produção de resíduos pelo “método ao longo da obra” utilizou os dados apresentados na Tabela 10 e Tabela 11.

Tabela 11. Indicador de produção de resíduo ao longo da obra (m³/nº func.)

Método ao longo da obra											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,3	0,26	0,52	0,26	0,6	0,26	0,32	0,5	0,57	0,2	0,47	0,09

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

A produção de resíduos sólidos da construção civil (RCCs) está também diretamente relacionada com a demanda de serviços na obra, por isso a existência de variações de picos de janeiro a dezembro, conforme Tabela 11.

A realização do cálculo do indicador referente ao “método ao final da obra” será apresentado na Tabela 12, onde se encontra o volume total descartado de resíduos da construção e a área construída de cada obra.

Tabela 12. Valores totais de resíduo e área construída

Dados da obra	
Resíduo total (m³)	Área construída da obra (m²)
190	25921,26

Fonte: Empresa estudada (2019)

Os resíduos sólidos da construção civil produzido em relação a área construída da obra é do tipo Classe A, que segundo a Resolução do CONAMA nº 307/2002, são reutilizáveis ou reciclados como agregados como: blocos, telhas, tubos, placas e meio-fio.

A análise dos valores do indicador relativo ao volume de resíduos por área do canteiro de obras é apresentada na Tabela 13.

Tabela 12. Valores totais de resíduo e área construída

Método ao final da obra
m³ de resíduo/m² de área construída
180

Fonte: Bezerra *et al.* (2025)

A produção de resíduos (RCCs) da obra foi mais eficaz resultando no valor de 180 m³/m². Isso pode estar relacionado à conscientização dos operários para redução do desperdício de materiais e pela reutilização dos resíduos na própria obra como apresentou Novis (2014).

A empresa em estudo tem o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), dentro do Sistema de Gestão Ambiental que está sendo introduzido para tal atividade, na qual, tem como objetivo proporcionar uma segurança quanto ao controle de geração de resíduos durante o processo produtivo, minimizando dessa forma, a produção de resíduos na fonte, impedindo a poluição ambiental e orientando os funcionários sobre as formas de acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final.

Dessa forma, para melhor atendimento à legislação ambiental, quanto à classificação dos resíduos da construção civil e sua destinação adequada, esses são recolhidos pela Azul Entulho, empresa terceirizada, responsável pela coleta, transporte e destinação final de resíduos perigosos e passíveis de reciclagem.

É importante salientar que, em toda obra, as baias e contêineres são sinalizados por tipo de resíduo que é produzido no canteiro, para que os funcionários possam identificar as classes e onde depositar de forma adequada os resíduos.

Logo a empresa vem sempre registrando em relatórios mensais, as principais variáveis de quantidade e tipo de resíduos gerados, permitindo assegurar o controle, quantidade e tipo de resíduos gerados ao longo da obra.

Ante o exposto, com a finalidade de possibilitar grandes avanços na gestão da empresa, tornando-a mais rentável e lucrativa, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), já é algo adotado pela empresa em estudo, e que propicia redução de custos com melhoria da qualidade e aumento da produtividade, na qualificação dos recursos humanos e modernização tecnológica e gerencial, e dentre os fatores que contribuem para efetivação de tal certificação estão inclusos os indicadores de desempenho ambiental no canteiro de obras.

A sustentabilidade resultou em condições de destaque para a qualidade de produtos, principalmente para empresas de construção civil, desse modo, há cada vez mais a utilidade de exercer medidas que diminuam os impactos ambientais e os desperdícios. Os índices auxiliam no controle quanto aos desperdícios de insumos, como água e energia elétrica; nas perdas de materiais; na minimização de retrabalhos por falhas de aplicação do método

construtivo, sendo essenciais para a otimização dos resultados.

A utilização desses indicadores de sustentabilidade aparenta ser fundamental para que haja um domínio sobre o sistema de execução e para um sistema de gestão que cumpra o que se pede nos projetos e no planejamento de obras.

CONCLUSÃO

Da análise dos resultados obtidos nessa pesquisa verificou-se que:

O mercado competitivo relacionado ao setor da construção civil, em Juazeiro do Norte – Ceará, na qual está cada vez mais crescente frente a esse tipo de atividade, reforça a necessidade de adoção de boas práticas construtivas, com uma filosofia baseada na construção enxuta, que emprega conceitos contribuam para um gerenciamento de canteiro de obras otimizado, propiciando o aprimoramento nas etapas de execução dos processos e consequentemente atender ao quesito de sustentabilidade.

Quanto aos indicadores por princípios, o princípio nº 2 (Aumentar o valor do produto considerando as necessidades dos clientes), foi o item que obteve pontuação mais baixa, visto que a obra ainda está em fase de acabamento não sendo possível a liberação para os clientes habitarem, então ainda não se aplica o princípio por completo.

Sobre à análise referente ao índice da construção enxuta (ICE) na obra em estudo, obteve-se um valor de 8,48, resultando em um nível considerado “Bom”, pois quanto mais próximo de 10 mais satisfatório.

Relacionado ao índice de desempenho ambiental, foi detectado que para o consumo de água no canteiro de obra, utilizou-se mais à água do poço para o processo construtivo do que água tratada proveniente da rede de abastecimento, contribuindo nesse sentido, com os aspectos econômicos ao longo da obra.

O consumo de energia ao mês foi relativo ao tipo de serviço realizado no canteiro de obra. Dessa forma, pode-se verificar que o consumo foi racional em função do quantitativo de funcionários em serviço, concluindo que a obra em estudo fez emprego de técnicas eficazes.

Quanto a produção de resíduos sólidos, pode-se verificar que a empresa possui o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), dentro do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que está sendo introduzido para tal atividade, havendo o controle de geração de resíduos durante o processo produtivo, impedindo a poluição ambiental e orientando os funcionários sobre as formas de acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final.

Diante do exposto, conclui-se que a prática de gestão adotada pela empresa, quanto ao método construtivo (baseado na técnica de fôrmas de alumínio e concreto autoadensável) e utilização de novas tecnologias, contribuem para a eficiência desejada de acordo com

processo produtivo, evitando desperdícios e praticando a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2014. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4389267/mod_resource/content/1/panorama2014.pdf. Acesso em: 09 jun 2025.

BAE, J. W.; KIM, Y. W. **Sustainable Value on Construction Project and application of Lean Construction Methods**. Proceedings International Group for Lean Construction (IGLC)-15. Michigan, USA, 2007. Disponível em: <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-18b740d1-1987-4179-ac06-ddaba4d8008b.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”. **Resolução CONAMA Nº 307/2002**. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf. Acesso em: 09 jun 2025.

COSTA, M. **Emprego, Desemprego e Subutilização da Força de Trabalho no Ceará: Índícios de Recuperação**. Fortaleza: Instituto de Desenvolvimento do Trabalho, 2017. Disponível em: <http://www.sineidt.org.br/PortalIDT/arquivos/publicacao/EMPREGO,%20DESEMPREGO%20E%20SUBUTILIZA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

IDHEA – **Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica**. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/>. Acesso em: 09 jun 2025.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará, **Perfil Municipal de Juazeiro do Norte**, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Juazeiro_do_Norte_2017.pdf. Acesso em: 09 jun 2025.

KOSKELA, L. **Application of the new Production Philosophy to Construction**. CIFE. Center for Integrated Facility Engineering, September 1992. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

KUREK, J. **Introdução dos Princípios da Filosofia de Construção Enxuta no Processo de Produção em uma Construtora em Passo Fundo – RS**. Dissertação para obtenção do Título de Mestre em Engenharia – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, 2005.

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade**. Universidade Posso Fundo (UPF). 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**. Brasília: MMA, 2105. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismosustentavel/constru%C3%A7%C3%A3osustent%C3%A1vel>. Acesso em: 09 jun 2025.

NOVIS, L. E. M. **Estudos dos indicadores ambientais na construção civil**: estudo de caso em 4 construtoras. Monografia para obtenção da Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ). 2014.

NUCLEO DE REFERENCIA. **Fôrma de Alumínio**, A Importância das Fôrmas de Alumínio para o Sistema de Parede de Concreto. Disponível em: <http://nucleoparededeconcreto.com.br/cms/wp-content/uploads/2017/02/Formas-de-aluminio-paredes-de-concreto.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

OLIVEIRA, M. P. **Indicadores de Desempenho Ambiental em Obras de Construção Civil no Município de Uberlândia**. Monografia para obtenção da Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), 2017.

PEFOCE. **Perícia Forense do Ceará**. Disponível em: <https://www.pefoce.ce.gov.br/projeto/regiao-sul-juazeiro-do-norte/>. Acesso em: 09 jun 2025.

SARMENTO, V. T. **Construção Enxuta**: a utilização do método construtivo de paredes de concreto armado moldadas in loco com fôrmas de alumínio em unidades habitacionais. Monografia para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. UFMA- Universidade Federal do Maranhão. 2018.

SF. **Sistema de fôrmas para concreto**. Disponível em: <http://www.sfformas.com.br/admin/db/arquivo/32.pdf>. Acesso em: 09 jun 2025.

VIEIRA, A. R. **A Lean Construção e a sustentabilidade**: paradigmas complementares implementação de um modelo de otimização. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil Construção. FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Nova Lisboa, fevereiro de 2011.

NORMA DE DESMPENHO. **Guia para Arquitetos, ABNT NBR 15.575**. Disponível em: https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf. Acesso em: junho de 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de água · 86, 90, 91, 94, 111, 126

Água · 7, 9, 14, 17, 19, 30, 35, 37, 52, 59, 60, 61, 65, 68, 88, 90, 91, 93, 94, 96, 98, 101, 102, 103, 104, 106, 108, 111, 117, 121, 123, 124, 125, 129, 130, 145, 153, 155, 159, 160, 161, 164, 167, 177, 178, 179, 180, 185, 186, 188

Águas pluviais · 86, 91, 103

Análise ambiental · 114, 117

Avanço da urbanização · 114, 116

B

Bem-estar · 86, 91, 101, 120

C

Canteiro de obras · 152, 155, 156, 158, 161, 165, 167, 168, 171, 176, 181, 184, 185, 186

CONAMA · 5, 6, 13, 14, 35, 42, 43, 50, 74, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 124, 125, 143, 147, 148, 162, 184, 187

Concreto autoadensável · 153, 187

Conflitos socioambientais · 115

Construção civil · 76, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 124, 125, 127, 129, 132, 138, 140, 141, 145, 146, 147, 148, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 183, 184, 185, 186, 187, 189

Construção enxuta · 109, 152, 155, 156, 157, 158, 164, 165, 166, 168, 176, 177, 186

Consumo energético · 153

Corpos hídricos · 47, 49, 89, 94, 98

D

Declives · 114, 129

Degradação ambiental · 5, 7, 126

Demolição · 114, 116, 117, 119, 121, 129, 130, 132, 143, 146, 147, 148, 150

Demolições · 114, 116, 117, 126, 135, 154, 162

Depósito de resíduos · 114, 116, 146

Desempenho ambiental · 152, 156, 160, 164, 166, 177, 185, 186

Desigualdade social · 47, 50

Dispositivos de entrada e saída · 6

Drenagem · 7, 50, 86, 90, 91, 100, 102, 116, 121, 123

E

Educação ambiental · 86, 103

Eficiência energética · 153, 159, 161

Energia · 9, 70, 120, 153, 155, 158, 161, 164, 167, 180, 181, 182, 185, 186, 188

Esgotamento sanitário · 17, 50, 86, 91, 93, 94, 97, 99, 101, 108, 111, 126

Esgotos · 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 18, 20, 27, 28, 30, 32, 42, 43, 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 57, 60, 64, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 87, 88, 89, 90, 103, 104, 107, 108, 111, 125

Esgotos domésticos · 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 27, 28, 32, 47, 49, 50, 51, 60, 69, 70, 71, 72, 88

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) · 7

F

Filtro biológico anaeróbio · 48, 65, 69, 70, 71, 78, 81, 83

Fluxo ascendente · 48, 55, 62, 65, 69, 70, 71, 72

Fonte poluidora · 47, 50

G

Geração de resíduos · 114, 116, 145, 147, 153, 155, 164, 184, 186

Gestão ambiental · 87

Gestão de energia · 153

Gestão urbana · 115

I

Indicadores ambientais · 153, 189

Infraestrutura urbana · 87

L

Lagoas de estabilização · 6, 9, 43

Lagoas facultativas · 5, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 28, 32, 33, 42

Lagos · 49, 88, 94, 114

Limpeza urbana · 86, 90, 118, 126

M

Matéria orgânica · 5, 7, 10, 11, 12, 22, 33, 42, 55, 70, 88

Meio ambiente · 14, 47, 52, 88, 89, 90, 91, 94, 98, 99, 101, 103, 106, 110, 120, 121, 122, 125, 126, 145, 150, 158, 159

N

Novas construções · 114, 116

Nutrientes · 5, 10, 42, 45, 88

P

Planejamento territorial · 115

Políticas públicas · 5, 8, 50, 125

Processo produtivo · 153, 155, 177, 184, 187

Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) · 48, 60, 71

Q

Qualidade de vida · 7, 8, 86, 87, 90, 91, 94, 103, 109, 110, 159

Quantidade de resíduos · 114, 129, 158

R

Reformas · 93, 114, 116, 117, 143, 154, 162

Resíduos da construção e demolição (RCD) · 114, 117

Resíduos sólidos · 86, 100, 111, 116, 162

Resíduos sólidos urbanos · 115, 116, 150

Rios · 7, 28, 49, 88, 93, 94, 100, 114, 120, 121, 129

S

Saneamento básico · 5, 7, 8, 47, 49, 50, 51, 72, 73, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 98, 99, 101, 102, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 126

Saúde · 7, 8, 14, 49, 50, 51, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 94, 98, 99, 101, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 117, 118, 120, 121, 126, 130, 147, 155

Saúde pública · 14, 49, 87, 89, 91, 94, 99, 101, 103, 109, 110, 112, 117, 121, 126, 130

Segregação espacial · 47, 50

Sistema de fôrmas de alumínio · 152, 157, 163, 165

Sistema de lagoas de estabilização · 5, 8, 9, 12

Sistema de tanque séptico · 47, 51, 53, 71, 72

Sistema de tratamento · 5, 10, 13, 28, 42, 71, 112

Sistema tanque séptico · 48

Sistemas de lagoas facultativas · 5, 42

Sólidos · 5, 9, 14, 42, 52, 53, 55, 70, 86, 87, 91, 95, 100, 102, 103, 106, 110, 111, 115, 116, 118, 121, 125, 126, 127, 129, 130, 132, 145, 147, 150, 151, 157, 158, 162, 183, 184, 186

Sumidouro · 48, 56, 62, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 77, 80, 82

Sustentabilidade · 51, 95, 111, 152, 155, 156, 159, 160, 162, 164, 166, 168, 185, 186, 187, 188, 189

T

Tanque séptico · 48, 52, 53, 54, 56, 61, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 76, 79, 81

Tecnologia sustentável · 48

Tratamento de esgoto · 13, 35, 44, 45, 48, 53, 68, 72, 90, 93, 94, 97, 102, 106, 108

Tratamento de esgotos · 5, 7, 42

Tubulações · 5, 15, 25, 26, 36, 37, 42, 68, 94, 162

V

Vegetação · 114, 121, 126, 144, 147

Viabilidade técnica · 48

Z

Zonas rurais · 47, 50, 102



contato@editoraomnisscientia.com.br 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 87 99914-6495 



contato@editoraomnisscientia.com.br 

<https://editoraomnisscientia.com.br/> 

@editora_omnis_scientia 

<https://www.facebook.com/omnis.scientia.9> 

+55 87 99914-6495 