



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

BEATRIZ DE OLIVEIRA EVARISTO

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO PARA A UFPA - CAMPUS POMBAIS

POMBAIS-PB

2021

BEATRIZ DE OLIVEIRA EVARISTO

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO PARA A UFCG - CAMPUS POMBAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Msc Prof. Eduardo Morais de Medeiros.

POMBAL-PB
2021

E92a	Evaristo, Beatriz de Oliveira.
	<p>Análise de viabilidade de um sistema de esgotamento sanitário para a UFCG – Campus Pombal. / Beatriz de Oliveira Evaristo. - Pombal, 2021.</p>
	78 f. : il. color.
	<p>Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.</p>
	"Orientação: Prof. Me. Eduardo Morais de Medeiros".
	Referências.
	<p>1. Sistema de esgotamento sanitário. 2. Esgotamento sanitário - UFCG - Pombal - PB. 3. UFCG - Campus Pombal - Paraíba. 4. Saneamento básico. 5. Esgoto - dimensionamento. 6. Esgoto - planejamento. I. Medeiros, Eduardo Morais de. II. Título.</p>
	CDU 628.3.033(043)

BEATRIZ DE OLIVEIRA EVARISTO

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A UFCG – CAMPUS
POMBAL

Aprovado em 14 / 05 / 2021.

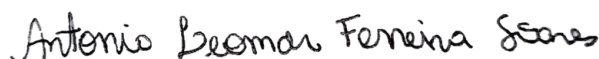
BANCA EXAMINADORA



Prof – Msc Eduardo Morais de Medeiros.
(Orientador – CCTA/UFCG)



Prof^a – Msc V alter Ferreira de Sousa Neto
(Examinador Interno – CCTA/UFCG)



Eng – Antonio Leomar Ferreira Soares
(Examinador Externo)

Pombal – PB

2021

`Eu sempre sinto que o mundo escuta os meus
pensamentos e d@sinais de que nªo estou sozinho.
A chuva lava a minha ferida e o vento seca. _
(Carpinejar)

AGRADECIMENTOS

Nem o primeiro ou o menor dos menores passos dessa longa e árdua trajetória teria sido possível sem o aval e proteção de Deus. ã Ele toda honra e toda glória, por todo amparo e força nos momentos que mais precisei.

Aos meus pais Humberto e Dagmar, por não pouparem esforços para que tudo isso fosse possível. Por muitas vezes abdicarem dos seus desejos para que nada me faltasse, e por sempre me oferecerem o privilégio do conforto do meu lar para descansar. Altos e novos voos serão alçados a partir de agora, e eu sei que terei sempre o apoio que precisar em busca dos meus sonhos.

ã minha irmã Bianca, que me foi uma grande inspiração desde o início, por sempre estar disponível quando me sobravam dúvidas e indecisões sobre a Engenharia e a vida.

Ao meu namorado Guilherme, por toda paciência, cuidado e incentivo. Por me empurrar quando estive estagnada, e por sempre me dizer o quanto eu sou capaz. Esse caminho se torna menos difícil por ter sua companhia.

ã Myllena, minha grande amiga e irmã que tive a oportunidade de ganhar nesse curso, quem mais conheceu todo meu esforço, quem esteve ao meu lado por noites e noites e quem nunca mediu esforços pra me ajudar. Aqui, amplio meus agradecimentos aos seus pais: Dona Malba e Waldick. Por me receberem em sua casa como filha, serem sempre solícitos e eternamente queridos.

ã minha melhor amiga Nicole, por compreender todas minhas ausências durante esses anos, por estar comigo fisicamente sempre que possível, e virtualmente em todos os momentos que eu precisei.

ãs minhas amigas Rayanne e Vitória, que também viveram comigo o xnus e o bxnus de toda essa trajetória. ã Amanda, Emmily, Gilnara, Thamara e Karine, por fazerem do meu último ano de graduação um ano muito mais leve e feliz, com memórias que jamais serão esquecidas.

Ao meu orientador Eduardo, por abraçar este desafio comigo, estar sempre presente quando precisei e me passar a confiança necessária para a realização deste trabalho por completo.

ã UFCG e ao CCTA, por tornar esse sonho possível. ã todos os professores que fizeram parte dessa trajetória e contribuíram para o meu crescimento, em especial Sílvia e Fernanda, por comandarem a coordenação com tanta maestria.

ã tantas outras pessoas caberiam esse agradecimento, pois estiveram presentes, me ajudaram, me incentivaram, me deram oportunidade, caminharam ao meu lado e me tornaram o que eu sou hoje. Pe' o a Deus que eu tenha tido a oportunidade de agradecer pessoalmente a cada uma delas. A universidade, sem d'svidas, foi a maior experi, ncia que pude vivenciar at' hoje, e eu sou muito grata por tudo ter acontecido exatamente como foi. Tudo no seu devido lugar.

Muito obrigada!

Evaristo, B. de O. PROPOSTA DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A UFCG - CAMPUS POMBAL. 2020. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB. 2020.

RESUMO

A qualidade de vida de uma determinada população está diretamente ligada à qualidade do meio no qual está inserida, e nessa linha de raciocínio temos muitos estudos que relacionam redução da capacidade de aprendizado com o ambiente que o mesmo está sendo proclamado. De acordo com o crescimento da universidade, cresce também a necessidade de garantir essa qualidade de vida à população que usufrui diretamente desse meio, tanto para trabalhar como para adquirir conhecimentos e embasar seu futuro. Apesar das atuais instalações da UFCG - campus Pombal serem recentes, as demandas já chegam a causar falhas nos sistemas existentes. Nesse trabalho, teve-se como objetivo apresentar uma proposta de dimensionamento de redes coletoras de esgotos, bem como apresentar uma possibilidade de sistema de tratamento de efluentes para a Universidade Federal da Paraíba, Campus - Pombal PB, atingindo o ponto do Saneamento Básico que mais apresenta falhas, faltas e brechas no país que é o Sistema de Esgotamento Sanitário.

Palavras chave: Sistema de Esgotamento, Saneamento básico e dimensionamento.

Evaristo, B. de O. PROPOSTA DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A UFCG - CAMPUS POMBAL. 2020. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB. 2020.

ABSTRACT

The quality of life of a population provided is directly linked to the quality of the environment in which it is inserted, and in this line of reasoning we have many studies that relate the reduction of the capacity to use the environment that it is being proclaimed. According to the growth of the university, there is also a growing need to guarantee this quality of life for the population that directly benefits from this environment, both to work and to acquire knowledge and support their future. Although the current facilities at UFCG - Pombal campus are recent, the demands are already causing failures in existing systems. In this work, the objective was to present a proposal for dimensioning sewage collection networks, as well as to present a possibility of an effluent treatment system for the Federal University of Paraíba, Campus - Pombal PB, reaching the point of Basic Sanitation that most it presents failures, faults and loopholes in the country that is the Sanitary Sewage System.

Keywords: Exhaust System, Basic Sanitation and sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Funcionamento geral de um tanque séptico.....	21
Figura 2: Exemplo de tanque séptico circular de câmara única e múltipla (em série)...	22
Figura 3: Ilustração dos componentes de um SES.	24
Figura 4: Fluxograma de processo da pesquisa.	27
Figura 5: Área das edificações construídas do CCTA	28
Figura 6: Localização das fossas sépticas no Campus.	30
Figura 7: Localização das edificações.	32
Figura 8: Localização das edificações.	33
Figura 9: Área plana por trás da biblioteca.....	42
Figura 10: Ilustração da representação com cores.....	43
Figura 11: Ilustração da área de utilização do recoberto mínimo.....	44
Figura 12: Tabela de dimensionamento de seção circular.....	47
Figura 13: Trecho sem escoamento por gravidade.....	61
Figura 14: Menor trecho medido.....	61
Figura 15: Maior trecho medido.....	62
Figura 16: União de Vazões no ponto B para emissão.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Divis2o dos servidores e terceirizados por edifica'2o.....	50
Tabela 2: Bloco 1 - quantidade de alunos/hor2o/dia.....	51
Tabela 3: Bloco 2 - quantidade de alunos/hor2o/dia.....	51
Tabela 4: Bloco 3 - quantidade de alunos/hor2o/dia.....	51
Tabela 5: Bloco de Laborat2rios 1 - quantidade de alunos/hor2o/dia.....	52
Tabela 6: Bloco de Laborat2rios 2 - quantidade de alunos/hor2o/dia.....	52
Tabela 7: Bloco do Mestrado - quantidade de alunos/hor2o/dia.....	52
Tabela 08: Bloco 1 - Popula'2o Equivalente/dia.....	53
Tabela 09: Bloco 2 - Popula'2o Equivalente/dia.....	53
Tabela 10: Bloco 3 - Popula'2o Equivalente/dia.....	53
Tabela 11: Bloco de Laborat2rios 1 - Popula'2o Equivalente/dia.....	54
Tabela 12: Bloco de Laborat2rios 2 - Popula'2o Equivalente/dia.....	54
Tabela 13: Bloco do Mestrado - Popula'2o Equivalente/dia.....	54
Tabela 14: Popula'2o Equivalente fixa por edifica'2o.....	55
Tabela 15: Consumo di2rio das edifica'2es do CCTA.....	55
Tabela 16: Composi'2o de consumo do Audit2rio.....	56
Tabela 17: Composi'2o de consumo da Garagem.....	56
Tabela 18: Composi'2o de consumo do Restaurante Universit2rio.....	57
Tabela 19: Composi'2o de consumo da Cantina.....	57
Tabela 20: Composi'2o de consumo da Quadra.....	57
Tabela 21: Consumos de laborat2rios da UFBA.....	57
Tabela 22: Composi'2o de consumo do Laborat2rio 1.....	57
Tabela 23: Composi'2o de consumo do Laborat2rio 2.....	58
Tabela 24: Composi'2o de consumo do Laborat2rio 3 - Mestrado.....	58
Tabela 25: Contribui'2o di2ria de esgoto por edifica'2o.....	58
Tabela 26: Cotas das edifica'2es j2constru2das do CCTA.....	62
Tabela 27: Cota de tubula'2o com maior escava'2o requerida.....	64

SUMÉRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	OBJETIVOS.....	17
2.1	Geral.....	17
2.2	Específicos.....	17
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1	Saneamento básico.....	18
3.2	Saneamento básico no Brasil.....	19
3.3	Panorama do Esgoto Sanitário no Brasil.....	20
3.4	Tipos de Sistema de Esgoto.....	20
3.4.1	Sem transporte hidráulico.....	20
3.4.1.1	Tanque séptico de câmara única.....	21
3.4.1.2	Tanque séptico de câmara em série.....	21
3.4.2	Com transporte hidráulico.....	22
3.4.2.1	Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado.....	22
3.4.2.2	Sistema de esgotamento separador parcial.....	23
3.4.2.3	Sistema de esgotamento separador absoluto.....	23
3.5	Componentes de um Sistema de Esgotamento.....	23
3.6	Especificidades da contribuição diária de esgoto em universidades.....	24
3.7	Estudo de caso: A atual sistema de coleta e tratamento de esgoto da UFCG - Campus Pombal.....	25
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1	Apresentação da atual situação do SES na UFCG - Pombal.....	27
4.2	Descrição do material de estudo.....	27
4.3	Dimensionamento da rede coletora de esgoto adequada.....	31
4.3.1	Caracterização da área.....	31
4.3.2	Horizonte de projeto.....	33
4.3.3	Importação do mapa.....	34
4.3.4	Cálculo da população equivalente.....	35
4.3.5	Cálculo do consumo de água e contribuição de esgoto.....	37
4.3.6	Cálculo da vazão de esgoto.....	39
4.3.6.1	Vazão de início de plano (2020).....	39
4.3.6.2	Vazão de final de plano (2040).....	40
4.3.6.3	Vazões de dimensionamento.....	40
4.3.6.4	Vazão de demanda inicial e final.....	40
4.3.7	Taxa de contribuição linear.....	41
4.3.8	Planilha de dimensionamento.....	41

4.3.9	Traçado da rede coletora de esgoto	41
4.3.10	Nomeação dos trechos.....	43
4.3.11	Cotas do terreno.....	43
4.3.12	Cotas das tubulações.....	43
4.3.13	Taxa de contribuição linear	44
4.3.14	Vazões por trecho	45
4.3.15	Declividade dos trechos.....	46
4.3.16	Diâmetro mínimo.....	46
4.3.17	Raio hidráulico	47
4.3.18	Velocidade crítica.....	48
4.3.19	Tensão de tração	48
4.3.20	Perigos Acessórios.....	49
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
5.1	Capacidade da população equivalente.....	50
5.2	Capacidade do consumo de água e contribuição de esgoto.....	55
5.3	Capacidade da vazão de esgoto	59
5.3.1	Vazão de início de plano (2020).....	59
5.3.2	Vazão de final de plano (2040).....	59
5.3.3	Vazão de demanda inicial e final.....	59
5.4	Taxa de contribuição linear	59
5.5	Traçado da rede coletora de esgoto	60
5.6	Cotas do terreno.....	62
5.7	Cotas das tubulações.....	63
5.8	Declividade dos trechos.....	64
5.9	Diâmetro mínimo e DN adotados.....	64
5.10	Velocidade Crítica.....	65
5.11	Tensão de Tração.....	65
5.12	Perigos acessórios.....	65
5.13	Área apontada para ETE e possível destino final de reuso	66
5.14	Considerações finais de resultados.....	66
6.	CONCLUSÕES	68
7.	REFERÊNCIAS	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- Tens²o Trativa
- ∴- Peso espec^ofico
- Ag - Quantificar alunos do curso de Agronomia
- Al - Quantificar alunos do curso de Engenharia de Alimentos
- Am - Quantificar alunos do curso de Engenharia Ambiental
- ABNT - Associa²o Brasileira de Normas T^qcnicas
- C - Coeficiente de Retorno
- CI - Quantificar alunos do curso de Engenharia Civil
- CAGEPA - Companhia de E^gua e Esgotos da Para^oba
- CCTA - Centro de Ci^oncias e Tecnologia Agroalimentar
- D - Di^ometro
- DN - Di^ometro Nominal adotado
- ETE - Esta²o de Tratamento de Esgoto
- Exp - Experimentos
- g - Acelera²o da gravidade
- I - inclina²o/declividade - m^onima, m^oxima ou adotada
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estat^ostica
- FUNASA - Funda²o Nacional de Sa^ode
- K1 - Coeficiente de m^oxima vaz²o di^oria
- K2 - Coeficiente de m^oxima vaz²o hor^oria
- K3 - Coeficiente de m^onima vaz²o hor^oria
- Li - Comprimento requerido
- NBR - Norma Brasileira
- NTS - Norma T^qcnica Sabesp
- OMS - Organiza²o Mundial de Sa^ode
- Pa - Pascal
- PBJE - Especifica²o da tubula²o de PVC
- PE - Popula²o Equivalente
- Pi - Popula²o em determinado ano
- PNSB - Pesquisa Nacional do Saneamento B^osico
- PV - Po^o de visita
- PVC - Tubula²o de Policloreto de Vinila

q - consumo diário fixado
 $Q_{adotada}$ - Vazão adotada para um trecho
 Q_{2020} - Vazão de início de plano (2020)
 Q_{2040} - Vazão de final de plano (2040)
 Q_{di} - Vazão de demanda inicial
 Q_{df} - Vazão de demanda final
 $Q_{jusante}$ - Vazão a jusante de um ponto
 $Q_{montante}$ - Vazão a montante de um ponto
 Q_p - Vazão cheia da seção
 Q_{trecho} - Vazão em determinado trecho
 R_h - Raio Hidráulico
 RU - Restaurante Universitário
 $SABESP$ - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
 SES - Sistema de Esgotamento Sanitário
 $SISU$ - Sistema de Seleção Unificada
 $SNIS$ - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
 T_{inf} - Taxa de infiltração
 TL - Terminal de Limpeza
 T_x - Taxa de contribuição linear - inicial ou final
 $UFBA$ - Universidade Federal da Bahia
 $UFCG$ - Universidade Federal de Campina Grande
 $UFRN$ - Universidade Federal do Rio Grande do Norte
 V_c - Velocidade Crítica

1. INTRODUÇÃO

Nomeia-se como Saneamento Básico o conjunto de medidas implantadas visando preservar o meio ambiente, para garantir melhorias na qualidade de vida e produtividade dos indivíduos envolvidos na comunidade. No Brasil a lei nº 11.445 de 05/01/2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, assegurando como um direito integral. Em contrapartida, segundo o SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, em 2017 apenas 52,36% da população era atendida com a coleta de esgoto, o que implica em quase 100 milhões de brasileiros sem esse serviço. O panorama atual para a Paraíba em 2019, segundo a CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, de 223 municípios do estado apenas 22 possuem tratamento de esgoto. Dessa forma, a cidade de Pombal se encaixa como uma das 201 sem sistema de coleta e tratamento de esgotos. A UFCG - campus Pombal, que é objeto de estudo desse trabalho, apresenta suas soluções de SES presentes e em funcionamento, mas é difícil encontrar estudos e relatos da comunidade que afirmam as falhas desse sistema, baseado na forma que ele foi implantado e no crescimento que o campus apresenta.

Para minimizar esses problemas, alguns centros universitários investiram na iniciativa de desenvolver uma rede de coleta e tratamento de esgotos para o próprio campus, como acontece na UFRN em Natal - RN, com a intenção de adequar a destinação dos efluentes acreditando no impacto positivo gerado por essa ação para a comunidade local. Em termos diretos, há melhoria da qualidade de vida da população universitária e a diminuição da degradação ao meio ambiente. Indiretamente há conscientização dos visitantes e frequentadores sobre a importância que a existência desse sistema tem para a vida em comunidade. A Universidade Federal do Rio Grande do Norte também conta com um projeto de extensão que incentiva a educação sanitária em escolas públicas de Natal - RN através de visitas expositivas e didáticas. O projeto Conhecendo a ETE foi oficializado em 2012 nessa instituição.

A importância de se ter investimentos em um Sistema de Esgotamento Sanitário é diretamente vista nas melhorias da qualidade de vida da população contemplada, e incitar esse tipo de estudo introduz ainda mais na comunidade acadêmica a importância da educação sanitária e ambiental. Segundo o instituto TRATA BRASIL, os serviços de

Água tratada, coleta e tratamento de esgotos também melhoram a educação e valorização dos imóveis.

A garantia de um efetivo tratamento de efluentes se inicia no dimensionamento das redes coletoras de esgoto, com a intenção de dar destinação correta e efetiva a esses despejos em direção ao tratamento e disposição final corretos. A construção dessas redes se justifica tendo em vista que não é economicamente viável a utilização de um sistema de tratamento, mais efetivo do que o já implantado, para cada uma das 16 edificações que abrangem a UFCG - Campus Pombal. Dessa forma, se torna mais aplicável o conceito da coleta desses efluentes em cada uma das edificações e através das redes coletoras o encaminhamento ao local adequado.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Apresentar uma proposta de dimensionamento de um sistema de esgotamento sanitário para o Campus de Pombal da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, visando melhorar a qualidade de vida da comunidade universitária, bem como reduzir os impactos ambientais causados pelo sistema utilizado atualmente.

2.2 Específicos

- ¿ Fazer um diagnóstico da atual situação do Sistema de Esgotamento Sanitário na UFCG - Campus Pombal;
- ¿ Propor o dimensionamento para um sistema de rede coletora de esgoto adequada;
- ¿ Apontar uma localização final para um sistema de tratamento de efluentes, assim como possíveis utilizações de águas de reuso;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Saneamento básico

Define-se o saneamento como "O conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária do uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural" (FUNASA, 2004).

Antigas civilizações que investiram em melhorias para seus sistemas de saneamento se consolidaram como sociedades saudáveis, prósperas e poderosas e mais recentemente comprova-se que a modernização e crescimento econômico são seguidos por investimentos em sistemas sanitários, afirma o Diretor Geral da OMS - Organização Mundial de Saúde, Dr Tedros Adhanom Ghebreyesus.

Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) relataram que o crescimento das comunidades, na Inglaterra, levou a primeira forma de disposições de excretas - uma situação impraticável. Dessa forma iniciou-se o uso de privadas, sendo uma melhoria ao sistema previamente existente, mas que também apresentava sérios problemas devido ao acúmulo de excretas nessas privadas. Assim, tem-se que de acordo com o crescimento da demanda essas soluções sanitárias foram sendo reformuladas.

Algumas referências relativas a esgotamento sanitário consideram a Cloaca Maxima, de Roma, como uma das primeiras e principais obras de saneamento no mundo. Marsalek (2005) explicou que registros históricos se referem às estruturas do Império Mesopotâmico como as mais antigas estruturas de drenagem urbana relatadas, mas as habilidades construtivas de drenagem se tornaram mais notáveis na antiga Roma e em Pompéia. O melhor exemplo dessa evolução na drenagem de Roma é a Cloaca Maxima, que foi construída por volta de 510 a.C. para transportar efluentes até o Rio Tibre.

A OMS em 2019 relata que cerca de 2,2 bilhões de pessoas não têm serviços de água potável gerenciados de forma segura, 4,2 bilhões não têm serviços de esgotamento sanitário gerenciados de forma segura e 3 bilhões não possuem instalações básicas para a higienização das mãos. A organização também reconhece que embora existam progressos significativos rumo ao acesso universal - água, saneamento e higiene básicos, são inegáveis as imensas lacunas na qualidade dos serviços prestados.

A OMS (2018) em seu relatório *Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2000-2017: Special focus on inequalities* também aborda que 2,1 bilhões de pessoas possuem acesso aos serviços de saneamento básico desde 2000, mas que em diversas partes do mundo esses resíduos não são tratados da forma adequada, e 2 bilhões de pessoas sequer desfrutam do direito de saneamento básico, tendo 7 de 10 vivendo em áreas rurais e um terço em países em desenvolvimento.

3.2 Saneamento básico no Brasil

Em termos de Brasil, no início do século XX, as melhorias sanitárias foram comprovadamente efetivas para redução e/ou erradicação de várias doenças endêmicas e epidêmicas. Apesar de se mostrar a possibilidade da erradicação dessas doenças, as condições precárias de vida em relação ao saneamento básico ainda desempenham um grande papel no quadro de morbimortalidade da população brasileira, dessa forma podemos também enfatizar o impacto dessas doenças nos sistemas de auxílio à população, implicando em mais gastos com hospitais e no desenvolvimento de programas de controle das doenças endêmicas, como afirma Pontes CAA (2002).

Assim pode-se considerar a grande importância da Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - PNSB, que tem como objetivo conhecer as condições do país frente ao saneamento básico, unindo as prefeituras municipais e empresas contratadas para a prestação desses serviços nos municípios, fornecendo conhecimento ao governo da situação real do país em relação ao saneamento básico.

Segundo o IBGE (2000), entender sobre a cobertura do sistema de saneamento nacional permite, além de efetuar a avaliação da oferta e da qualidade dos serviços prestados, analisar as condições ambientais e suas implicações diretas com a saúde e a qualidade de vida de uma população, possibilitando identificar as carências existentes nos municípios associadas com o saneamento básico, dessa forma possibilitando a adoção de medidas para a melhoria da qualidade de vida local.

Em 2007 houve a criação da Lei 11.445, definindo saneamento e estabelecendo as diretrizes nacionais para o saneamento básico. A partir desta data o país iniciou o processo de direcionamento dos serviços de saneamento básico, determinando projetos e metas baseados nos princípios fundamentais de universalização e integridade dos serviços. Apesar da criação desta lei ter norteado o desenvolvimento sanitário no país, atualmente a realidade mostra que muitas cidades ainda apresentam sistemas precários, e esse fato ainda é uma verdade também para diversos países do mundo.

3.3 Panorama do Esgoto Sanitário no Brasil

O Instituto TRATA BRASIL compila dados específicos sobre coleta e tratamento de esgoto no Brasil e nas regiões do país especificamente. Segundo o SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2018 53% dos brasileiros têm acesso à coleta de esgoto, o que implica que quase 100 milhões de pessoas não possuem acesso a esse serviço no Brasil. Esses dados se tornam mais assustadores quando são divididos por regiões, onde no Norte apenas 10,49% da população possui atendimento de esgotos, no Nordeste apenas 28,01%, no Sul 45,17%, no Centro Oeste 52,89% e no Sudeste 79,21% das populações possuem acesso à coleta de esgoto. (SNIS, 2019).

No caso do tratamento desses efluentes, confirma-se a premissa citada pelo relatório da OMS abordado anteriormente que: mesmo sendo oficialmente relatada a população contemplada, em diversas partes do país os resíduos não são tratados de forma adequada ou até mesmo o tratamento é inexistente. Temos que apenas 46% dos esgotos do país são tratados. Por região, no Norte apenas 21,70% é tratado, no Nordeste 36,24%, no Sul 45,44%, no Sudeste 50,09% e no Centro Oeste 53,88%. (SNIS, 2019).

Esse quadro de ausência de tratamento dos efluentes também é disseminador e/ou propagador de doenças assim como a ausência do sistema de redes coletoras como um todo.

3.4 Tipos de Sistema de Esgoto

3.4.1 Sem transporte hidráulico

Os tanques sépticos são soluções individuais e que devem ser utilizadas para um pequeno número de residências, em áreas que não possuem rede pública coletora de esgoto. São definidos pela NBR 7229/1993 como: “Unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”.

Funcionam através de separação gravitacional da espuma e dos sólidos, retenção do material graxo, digestão anaeróbia, presente no esgoto e armazenamento do lodo, com a retenção desse esgoto por um período de tempo previamente estabelecido, o qual a manutenção deve ser criteriosamente respeitada.

A figura 1 abaixo traz um esquema resumido do funcionamento de um tanque séptico.

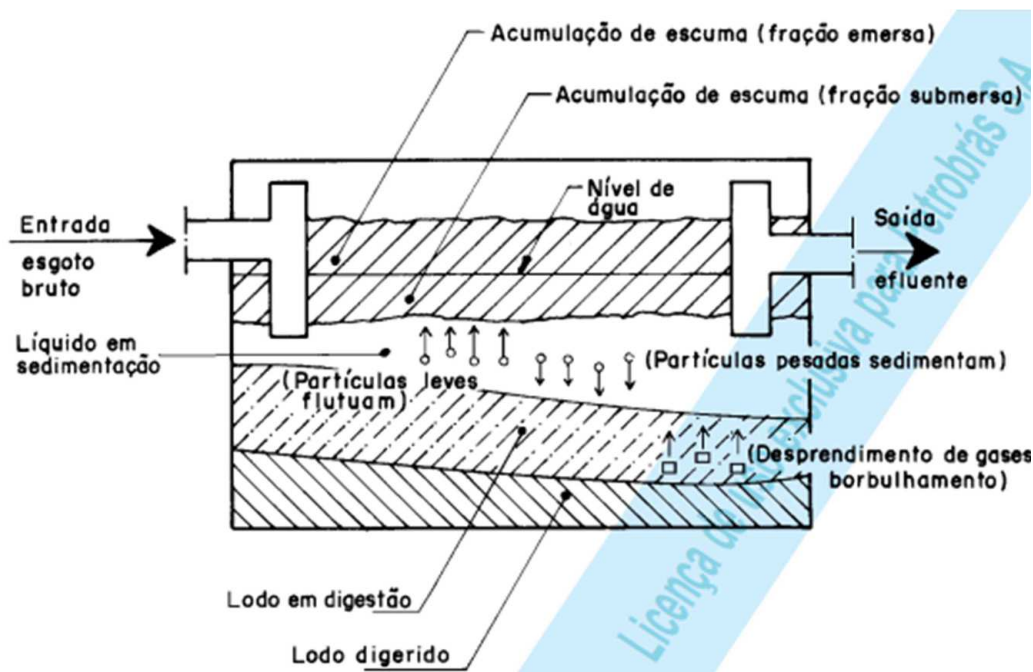


Figura 1: Funcionamento geral de um tanque séptico
Fonte: NBR 7229 (1993)

3.4.1.1 Tanque séptico de câmara única

A NBR 7229 (1993) define esse tipo de sistema como sendo uma unidade de apenas um compartimento, onde na parte superior devem ocorrer processos de sedimentação e de flotação e digestão da espuma, destinando-se a zona inferior ao acúmulo e digestão do lodo sedimentado.

3.4.1.2 Tanque séptico de câmara em série

Para esse tipo de sistema, a NBR 7229 (1993) caracteriza como uma unidade com dois ou mais compartimentos contínuos, que são dispostos sequencialmente no sentido do fluxo do líquido e interligados, onde devem ocorrer processos de flotação, sedimentação e digestão de forma conjunta.

A figura 2 abaixo apresenta exemplos de tanques sépticos circulares com câmara única e câmara múltipla:

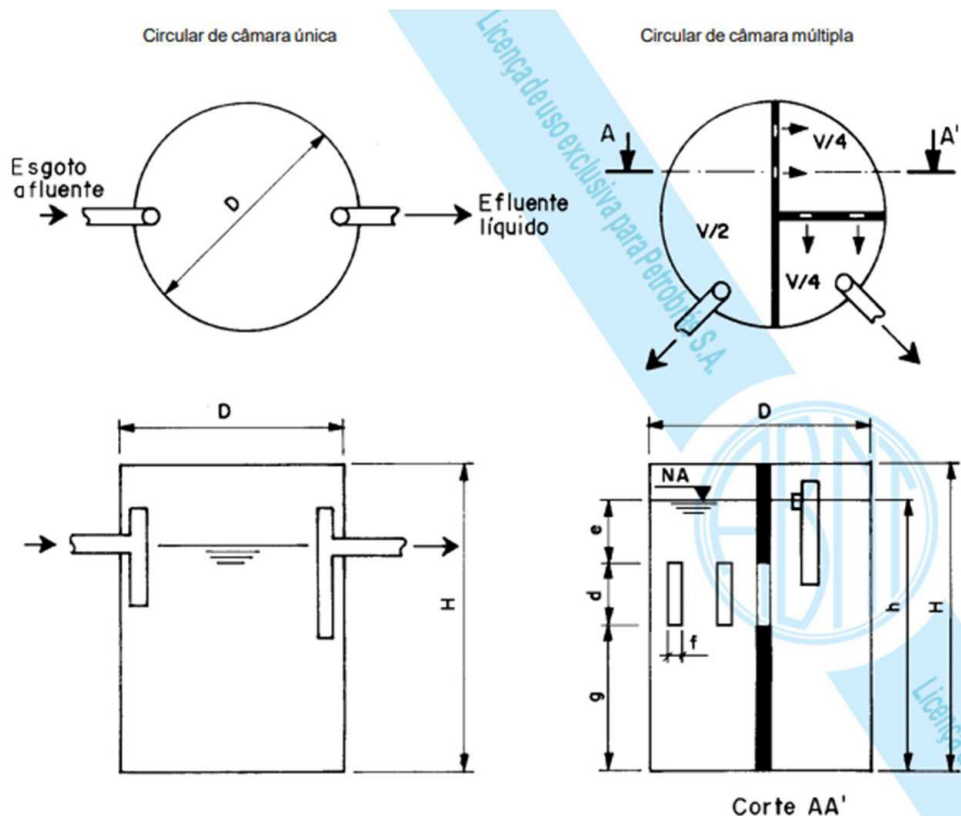


Figura 2: Exemplo de tanque séptico circular de câmara única e múltipla (em série).
Fonte: NBR 7229 (1993).

3.4.2 Com transporte hidráulico

Existem três tipos de sistemas de saneamento de esgoto com transporte hidráulico, que se diferem entre si considerando os tipos de efluentes que o sistema será dimensionado para receber, são estes:

3.4.2.1 Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado

Como o próprio nome expressa, esse sistema é único, pode também ser chamado de sistema Romano, pois foi a solução implantada em Roma (Cloaca Maxima de Roma). É dimensionado para receber águas residuais domésticas e industriais, águas de infiltração e águas pluviais. Devido seu grande volume receptor, possui como sua maior desvantagem a dimensão das redes, implicando em obras maiores e gastos maiores.

Quando se trata de Brasil, analisando esse tipo de sistema e o clima do país, Falcetta (2020) afirma que devido a variação de vazão existente entre as estações chuvosa e de estiagem, a utilização de um sistema unitário implicaria em uma rede subutilizada na maior parte do ano.

3.4.2.2 Sistema de esgotamento separador parcial

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (1999), esse sistema é dimensionado para carregar parte das chuvas, que provêm de telhados e pavios dos lotes, junto com as águas residuais e águas de infiltração no subsolo. Devido essa parcialidade dos efluentes, possui dimensões menores do que o anterior, mas ainda assim são considerados. Nesse ponto, também pesa a consideração sobre a variação sazonal das vazões.

3.4.2.3 Sistema de esgotamento separador absoluto

Esse sistema caracteriza-se pelo transporte de águas residuais residenciais e industriais, e águas de infiltração. Nessa opção as águas pluviais são coletadas e transportadas por um sistema independente do de esgotamento. Tecnicamente esse seria o sistema mais vantajoso, apresentando economia em gastos com tubulações, pois reduz a extensão e o diâmetro das mesmas.

Alguns estudos já apontam o quanto é importante observar e prezar pelo funcionamento desse sistema, visto que do contrário ele seria o que funcionaria em menores dimensões dos condutos, ou seja, desenvolveria mais facilmente problemas caso houvesse um aumento do volume do fluxo por erros de aplicação, utilização ou manutenção.

Freite et al. (2014) observou que apesar dos avanços no setor, uma situação ideal está longe de ser atingida, visto que em alguns sistemas do tipo separador absoluto onde águas de drenagem e águas residuais deveriam ser conduzidas em condutos diferentes, na prática, na maioria do tempo, ambas são veiculadas em um único canal configurando-se como um sistema separador parcial, dessa forma sendo impossível a análise unicamente do sistema separador absoluto.

3.5 Componentes de um Sistema de Esgotamento

Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) apresentam as seguintes partes constituintes de um sistema de esgoto sanitário:

Rede coletora: Tubulação que recebe e conduz o esgoto dos edifícios através das ligações prediais. É composta por coletores secundários que recebem as ligações prediais e um coletor tronco que recebe as contribuições dos coletores secundários e destina a um interceptor ou emissário.

- ¿ Interceptor: Recebe contribuições em marcha dos coletores em seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretamente.
- ¿ Emissário: Não recebe contribuições em marcha e destina os efluentes a um destino definido, geralmente a estação de tratamento e/ou lançamento.
- ¿ Sifão invertido: Obra executada para transpor um determinado obstáculo, funcionando sob pressão.
- ¿ Corpo d'água receptor: Corpo d'água onde são lançados os esgotos.
- ¿ Estação elevatória: Obra executada quando há a necessidade de transferir os esgotos de uma cota mais baixa para uma cota mais alta.
- ¿ Estação de tratamento: É o conjunto de unidades de tratamento com a finalidade de reduzir as cargas poluidoras do esgoto.

A figura 3 mostra uma ilustração que representa as partes de um sistema de esgotamento sanitário de forma prática:

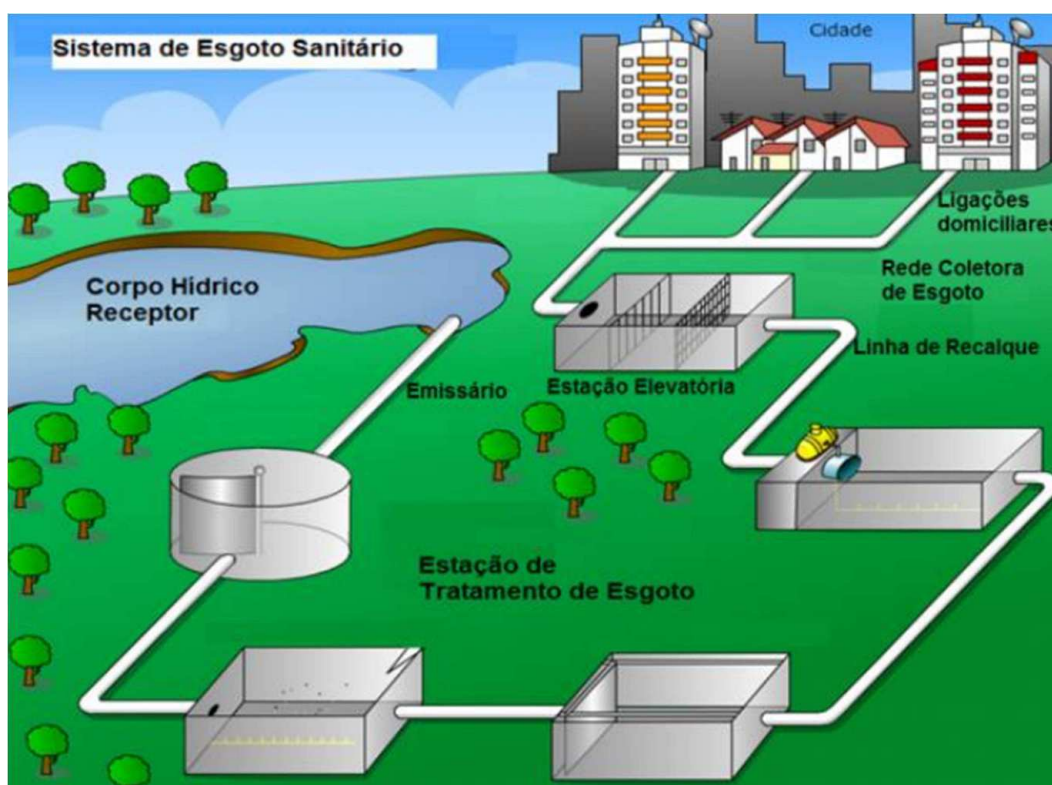


Figura 3: Ilustração dos componentes de um SES.
Fonte: RAMLOW e SILVA (2017).

3.6 Especificidades da contribuição diária de esgoto em universidades

Devido aos horários dos alunos não serem fixos, Nakagawa (2009) faz considerações para a população equivalente, considerando a população flutuante e o tempo médio de permanência no local. É importante analisar o tempo em que os

estudantes permanecem na universidade, uma vez que o consumo é proporcional ao tempo de permanência. Nakagawa (2009) observou que uma unidade com 300 estudantes que permanecem os dois turnos (8 horas) é o mesmo que o consumo de uma unidade com 600 estudantes que permanecem apenas um turno (4 horas).

A caracterização das edificações que compõem o campus universitário é importante devido ao tipo de consumo que acontecerá diretamente em cada uma delas. Como por exemplo, os laboratórios que possuem destiladores. O consumo desse equipamento gira em torno de 12 litros de água destilada por dia e 175 litros de água de resfriamento em média por dia. (NAKAGAWA, 2009). Mesmo sabendo que nem toda essa água consumida para o funcionamento de um destilador retorna para o sistema de esgotamento, Nakagawa (2009) mostra que é importante analisar a singularidade dessas edificações, devido a diferença no consumo nas medições.

Ao longo do trabalho foram observadas unidades que mostraram discrepâncias no consumo per capita em relação às demais. Entretanto, tais unidades não foram rejeitadas visto a importância de rever a sua fonte de coleta de informação, não justificando valores altos para tal consumo. (NAKAGAWA, 2009).

3.7 Estudo de caso: Atual sistema de coleta e tratamento de esgoto da UFCG - Campus Pombal

A análise do sistema de esgoto sanitário existente é uma das fases de estudo do sistema de concepção de esgoto sanitário.

Freitas (2016) em seu estudo "Proposta de Sistema de Tratamento de Efluentes do Campus Pombal/UFCG" expôs a atual situação do sistema de tratamento de efluentes do CCTA, que é formado por unidades de fossas sépticas que são instaladas nas diversas edificações do campus e onde é tratado todo o volume de esgoto sanitário produzido diariamente. Segundo a NBR 7229/1993, esse tipo de sistema é indicado para áreas desprovidas de rede pública coletora de esgoto, como se encaixa o CCTA, por isso foram observadas falhas existentes neste sistema em funcionamento.

Foi constatada por Freitas (2016) a existência de falhas no sistema primário utilizado atualmente, segundo relatos colhidos da população universitária, é comum problemas envolvendo o extravasamento de vazão dos sistemas individuais das edificações, o que afeta a população acadêmica, ocasiona a proliferação de mosquitos e que pode causar outros problemas ambientais.

É importante lembrar que do ano em que o estudo foi realizado até hoje houve também um aumento da população universitária, causada pela expansão do curso de Engenharia Civil, que na data do estudo se apresentava com 4 turmas e atualmente já conta com 9 turmas. Também ressaltar a construção da Usina Piloto do curso de Engenharia de Alimentos que está em andamento e futuramente também será gerador de efluentes.

Freitas (2006) ainda ponderou que outro ponto que deve ser considerado é que o CCTA passa por processo de expansão, menos de três anos antes da realização do seu estudo o campus havia sido contemplado com a residência universitária, bloco para a pós-graduação, centro de convivência, bloco de central de aulas III e restaurante universitário, e tende a se expandir ainda mais com o passar dos anos. Assim, o atendimento via sistema individual perde a sua razão de existir, uma vez que o campus passou a ter várias edificações.

Alguns campus universitários que possuem o seu próprio sistema de esgotamento sanitário, um desses é o Campus Central da UFRN, que de acordo com Ferraz & Carvalho (2017) opera desde o início da década de 80 pela Diretoria de Meio Ambiente da Superintendência de Infraestrutura, desenvolvendo o projeto "Conhecendo a ETE", com a intenção de sensibilizar e conscientizar a população acadêmica da importância do tratamento e reúso do esgoto.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada no trabalho desenvolvido foi baseada em material bibliográfico (livros), artigos em periódicos, pesquisas realizadas pelo Ministério da Saúde do Brasil e outras fontes científicas sobre o assunto. Houve também a coleta de dados através de conversas com os servidores da subprefeitura do campus para confirmação de alguns dados.

A figura 4 mostra um fluxuograma direto do processo de desenvolvimento da pesquisa, desde a identificação da problemática até a solução.

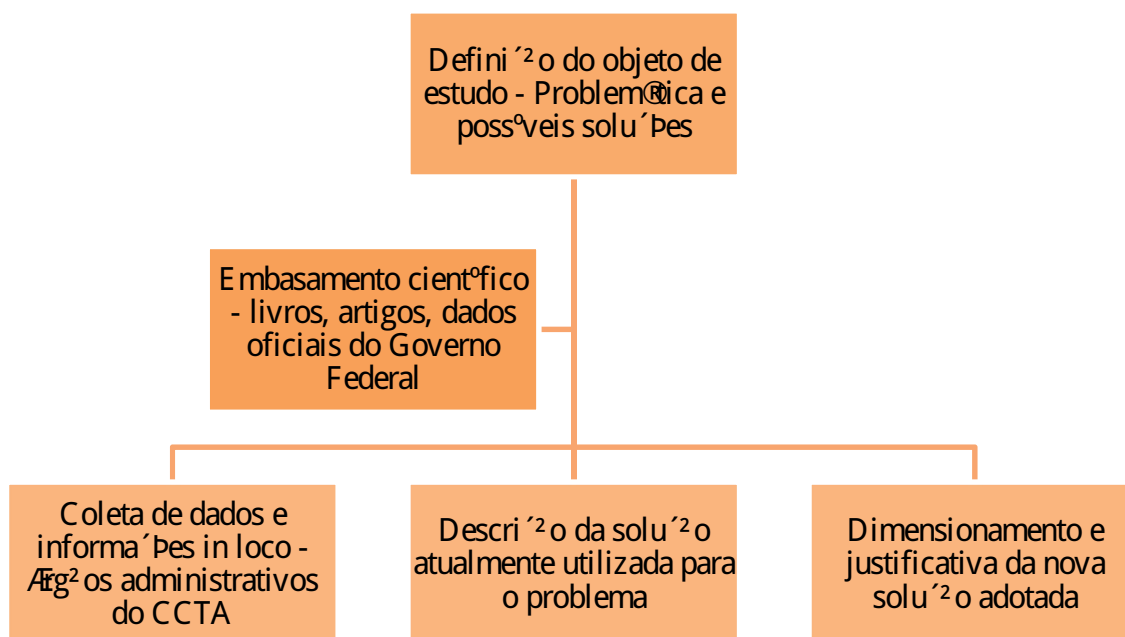


Figura 4: Fluxuograma de processo da pesquisa.
Fonte: O autor (2021).

4.1 Apresentação da atual situação do SES na UFCG - Pombal

Para a análise da atual situação do Sistema de Esgotamento Sanitário da UFCG - Campus Pombal inicialmente foram feitas pesquisas bibliográficas baseadas em produções anteriores que contemplavam o mesmo desenvolvimento dessa problemática. Usando como referência as informações desses trabalhos, foram realizadas visitas in loco para retirada de fotos e averiguação e confirmação da vigência do sistema indicado na bibliografia, com posterior consulta documental da subprefeitura e conversa com os funcionários para a atualização dos dados de acordo com a expansão do campus.

4.2 Descrição do material de estudo

O campus da UFCG em Pombal é nomeado como CCTA: Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Está localizado no Bairro dos Pereiros, Rua João Vieira Feitosa, 1770. É composto por uma área de 16,85 ha que compreende a Guarita e 16 edificações: Residência Universitária Feminina e Masculina, Biblioteca, Coordenação, Auditório, Bloco dos Professores, Cantina, Restaurante Universitário, Bloco de aulas 1, 2 e 3, Central de Laboratórios 1 e 2, Bloco do Mestrado, Subprefeitura e a Garagem. Todas essas edificações somam 10.332,07 m² de área construída.

A figura 5 traz uma imagem de satélite da área construída do CCTA, que será identificada por edificação mais a frente.



Figura 5: Área das edificações construídas do CCTA
Fonte: Google Earth (2021).

O CCTA conta com os cursos de graduação em Engenharia Civil, Engenharia Ambiental, Engenharia de Alimentos e Agronomia. Em termos de pós-graduação, tem-se o mestrado acadêmico e profissional na área de Sistemas Agroindustriais, e o mestrado acadêmico em Horticultura tropical.

Segundo dados obtidos na subprefeitura, em Maio de 2019, o número de pessoas que ocupavam e utilizavam os imóveis construídos: 120 servidores (que desempenham atividades administrativas), 76 prestadores de serviços terceirizados (que participam do cuidado, limpeza e manutenção dos prédios e áreas comuns do campus) e 1.254 alunos (alternando quantidade e frequência de acordo com os períodos do dia e os dias da semana).

O sistema de abastecimento de água do campus é feito pela CAGEPA - Companhia de Água e Esgoto da Paraíba, assim como em toda cidade de Pombal. Não existe medição individual por hidrômetro em cada edificação, ou seja, existe apenas um hidrômetro para medição total do volume de água utilizado no campus. A subprefeitura afirma que existe a intenção e trabalho licitado para modificar essa realidade em um futuro próximo. Para o campus, o uso de água é dividido para limpeza dos blocos, pias, bacias sanitárias, laboratórios, bebedouros, manutenção da vegetação, entre outros.

Durante os meses que as aulas presenciais estão suspensas devido à pandemia do Covid-19, o campus passa por um processo de arborização. Estão sendo introduzidas mudas de várias espécies de plantas em diversos ambientes. Devido esse processo, foi relatado pela subprefeitura um grande aumento, por fim natural, de consumo de água devido à manutenção do processo de crescimento dessas mudas. Embora seja um aumento considerável no consumo, não haverá interferência dessa vazão no desenvolvimento desse projeto, tendo em vista que não existe retorno dessa vazão para o sistema de esgotamento, uma vez que a água infiltra no solo.

No que se trata do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), a UFCG - Pombal dispõe de um sistema simples, onde há utilização de 14 fossas sépticas, com 8m³ de capacidade cada, que são localizadas nas proximidades das edificações e foram identificadas na figura 1. Tanques sépticos são definidos pela NBR 7229 como unidades cilíndricas ou prismáticas retangulares de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão. Geralmente esse tipo de sistema é associado com outros procedimentos como sumidouros ou poços absorventes, que são poços secos escavados no chão e não impermeabilizados, que permitem a infiltração da água residual no solo.

De acordo com a subprefeitura, as fossas sépticas do campus não apresentam sumidouros, devido às características do solo onde estão inseridas: por ser um solo rochoso, a capacidade de absorção é muito reduzida. Esse fato faz com que as fossas necessitem serem esvaziadas com uma frequência muito maior do que necessitariam caso houvesse a segunda parte do sistema. Esse fato acaba gerando grandes falhas, pois, além dessas, já existe uma grande demanda de manutenções que devem ser realizadas.

É comum ouvir relatos de extravaso da vazão das fossas no período de verão e uma situação ainda mais grave no período chuvoso, o que causa um imenso desconforto aos alunos, servidores e técnicos que frequentam as proximidades. Esses ocorridos

foram também confirmados por Freitas (2016) em seu estudo, através de visitas in loco, relatos e aplicação de questionário com a população acadêmica.

A identificação da localização das fossas sépticas do CCTA foi feita na figura 6:



Figura 6: Localização das fossas sépticas no Campus.
Fonte: O autor (2020).

Freitas (2016) apresenta que em locais desprovidos de sistema coletivo de esgotamento sanitário, como é o caso do bairro onde a UFCG está inserida em Pombal, as soluções individuais são alternativas viáveis para suprir as necessidades atendendo as especificações da legislação, mas no caso da área em estudo a utilização desse sistema começa a perder o sentido pelo fato do crescimento que o Campus apresenta e tende como horizonte futuro (um exemplo disso é que no ano em que o estudo foi desenvolvido ainda não existia e funcionava a Central de águas 3), além de atualmente já apresentar falhas de funcionamento que foram citadas anteriormente.

Para a identificação da quantidade de tempo necessária para manutenção dessas fossas sépticas, a NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos - relaciona esse tempo com a taxa de acumulação de lodo, mas não apresenta uma regra para definição de qual intervalo entre limpezas, isso vai variar de acordo com o volume e o tipo de resíduos que cada fossa recebe. Segundo empresas do segmento, recomenda-se que esse tempo seja de 3 em 3 anos.

Para a realidade do campus, segundo relatos, os funcionários da subprefeitura não se recordam da última vez que essa limpeza foi executada. Por sua vez, Freitas (2016) em sua pesquisa conseguiu afirmar que em 2015 esse processo aconteceu. Também foi relatada uma dificuldade de contratação desse serviço devido todo processo licitatório e burocrático que precisa existir. Como a demanda de projetos do campus é grande, ocasionada por seu crescimento e manutenção, serviços tão importantes como este são substituídos prioritariamente por outras demandas.

Em contrapartida, foi indicado que estão nos planos da subprefeitura direcionar mais atenção e investimentos para essa problemática do sistema de esgotamento sanitário do campus - Pombal. Dessa forma, pode-se esperar melhorias neste ponto para um futuro próximo.

4.3 Dimensionamento da rede coletora de esgoto adequada

4.3.1 Caracterização da área

Retomando o que foi citado nos materiais e métodos, no CCTA temos 17 edificações atualmente construídas. Estas possuem áreas construídas semelhantes, mas se diferenciam entre si por sua finalidade e atividades que são desenvolvidas em cada uma.

As residências Feminina e Masculina são edificações que dão suporte de acolhimento e alojamento - uma quantidade determinada de alunos pré-selecionados; eles dispõem de dormitórios, banheiros, cozinha e lavanderia. A Subprefeitura e a Coordenação (central administrativa) são os locais onde as atividades administrativas referentes ao campus são desenvolvidas, tendo o bloco dos professores também uma função semelhante. O auditório é utilizado em eventos e reuniões do CCTA ou cedido - outro espaço, a Biblioteca, além da função autoexplicativa, atua como um apoio para alguns alunos que passam todo período integral na universidade.

Os Blocos de aula 1, 2 e 3 recebem o maior fluxo de pessoas por dia, uma vez que são onde as aulas são ministradas. As Centrais de Laboratórios 1, 2 e 3 (Bloco do Mestrado) recebem o segundo maior fluxo, por comportar as aulas práticas referentes às disciplinas e o desenvolvimento de estudos, projetos de pesquisa e extensão. Esses locais também dão suporte para os terceirizados que desempenham atividades de manutenção do campus.

A Cantina e o Restaurante Universitário são locais onde alunos, professores, técnicos e terceirizados fazem refeições de café da manhã, almoço e lanches durante o dia. A Cantina compreende o Centro de convivência, onde também estão instaladas as sedes dos Centros Acadêmicos, Empresas J r e a copiadora do campus.

Por último, edificações mais simples como guarita e garagem são de uso direto e exclusivo de terceirizados e também devem ser considerados no desenvolvimento do projeto.

A identificação da localização das edificações foi feita nas figuras 7 e 8 abaixo:

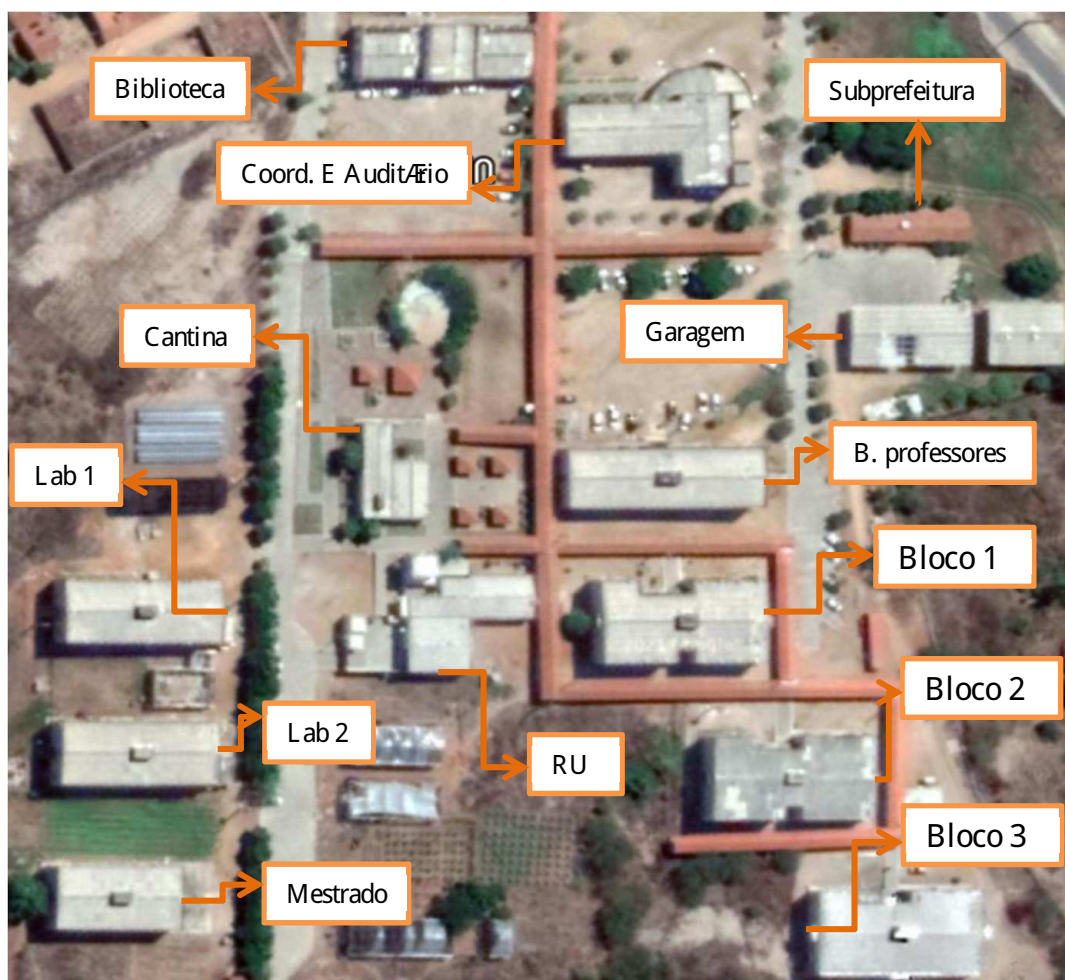


Figura 7: Localização das edificações.
Fonte: O autor (2021).



Figura 8: Localiza o das edifica es.
Fonte: O autor (2021).

Todas as constru es citadas, exceto as residências e guarita, tem seu funcionamento pleno e de pico em horário comercial: das 07:00 às 17:00, mas facilmente extrapolam esse horário, uma vez que existem necessidades pontuais de aulas e monitorias em horários alternativos, bem como reuniões, grupos de estudo e outras atividades de alunos e professores associadas   convivência acadêmica.

4.3.2 Horizonte de projeto

Em termos de rede coletora de esgoto, inicialmente   necessário se considerar sobre o horizonte de projeto, tendo sempre em vista garantir a funcionalidade da infraestrutura executada por um tempo mínimo, e viabilidade de execu o do projeto. O valor mínimo de tempo adotado para esse projeto em que   necessária a garantia dos critérios citados   de 20 anos.

O CCTA, Campus da UFCG em Pombal-PB,   um campus universitário relativamente novo, está em crescimento. Muito já se debateu com a comunidade acadêmica sobre a entrada de novos cursos e novas constru es para agregar nesse crescimento. Dessa forma, quando se trata de um horizonte de 20 anos,   extremamente pertinente considerar a total chegada de um novo curso de gradua o nesse período de tempo, bem como algumas constru es que atualmente já estão cotadas para acontecerem,   o caso da Quadra Poliesportiva do CCTA. Para essa realidade futura, têm-se as seguintes considera es:

-   Aumento na popula o:

Para a quantidade de alunos dos cursos j@existentes (1254, segundo dados da subprefeitura), considerou-se um rotativo de 1300 alunos. Comportamento rotativo desse valor devido ¯s entradas e sa°das de turmas em fim e in°cio de per°odos.

Para entrada de um novo curso com 10 per°odos, considerou-se: do 1 ao 5 per°odo ¯ 45 alunos/per°odo e do 6 ao 10 per°odo ¯ 25% de evas°o/per°odo. Segundo dados do SISU 2021.1, 45 é o número de vagas abertas por per°odo para os cursos de graduao j@existentes, dessa forma a mesma quantidade de vagas foi considerada para um novo curso. A própria UFCG estima em 25% a evas°o dos cursos da instituio, que s°o principalmente motivadas por abandono, jubramento, mudanas de curso, entre outros motivos.

Com a entrada de um novo curso de graduao, também ser°o necessárias aberturas de novas vagas para professores servidores específicos. Considerou-se 15 novos professores para suprimento da nova demanda. Esse valor foi estimado tendo em vista o curso de Engenharia Civil do CCTA, que é recente e também passou por esse processo.

Com a expans°o do campus, naturalmente ser°o necessário contratao de um número maior de terceirizados. Dessa forma, considerou-se um aumento de 10% na quantidade de terceirizados j@existente, justificado no apoio ¯ nova coordenao de ensino e ¯s novas edificaes.

O crescimento da estrutura física do campus  automaticamente justificado com o crescimento da populao. Dessa forma, prevê-se a construo de um novo bloco de aulas, o Bloco de aulas 4, para suprir a demanda de disponibilidade de salas de forma confortável e viável para todas as turmas de todos os cursos.

A construo do Ginásio poliesportivo do CCTA é um ponto que vem sendo debatido durante anos. O esporte  uma das formas de integrao entre os diversos campus, através de campeonatos, e também entre os cursos e alunos do próprio centro. A nossa comunidade acadêmica sofre com a falta desse recurso na cidade de Pombal. Por ser um tpico bastante debatido durante os anos, considerou-se essa construo como trivial de acontecer no tempo estimado de horizonte de projeto.

4.3.3 Importao do mapa

O site oficial da PU ¯ Prefeitura Universitária da UFCG dispõe de uma aba denominada `Mapa dos Campi, contendo uma planta geral, completa com toda a área de posse da UFCG e todo perfil topográfico para cada campus em PDF. O mapa se

encontra no anexo A deste trabalho. Em contato com a subprefeitura do CCTA, não foi encontrada a disponibilidade desse arquivo em CAD, acredito que por ser um arquivo datado de 2008, tempo em que houveram possíveis mudanças de administração.

Alguns outros métodos foram procurados, como levantamentos feitos por estudantes e/ou professores em disciplinas e projetos, mas a opção de usar o material da Subprefeitura se deu por ser um arquivo oficial e completo da UFCG.

O traçado da rede coletora de esgoto foi feito no PDF do mapa do Campus do CCTA, respeitando a topografia e encontra-se no anexo B. As medições de extensão dos trechos traçados foram feitas pelo Google Earth, na função `medição`. Ajustando o zoom do mapa e da imagem de satélite do google, é possível identificar com certa margem de erro as distâncias. A função medição também está disponível no próprio leitor de PDF, mas optou-se pelos dados do Google Earth por acreditar que essa margem de erro dos valores reais seria diminuída da forma mais eficiente possível.

4.3.4 Cálculo da população equivalente

Inicialmente utilizou-se os dados fornecidos pela subprefeitura, referentes ao processo nº 23096.008108/2019-42, da data 08 de maio de 2019. Consta para o ano de 2020 a seguinte população: 120 servidores, 76 prestadores de serviços terceirizados e 1254 alunos.

Usando as considerações justificadas no tópico de horizonte de projeto, temos para o ano de 2040: 135 servidores (120+15 novos professores), 84 prestadores de serviços terceirizados (76+10% de aumento pela expansão do campus) e 1690 alunos, com cálculo demonstrado pela equação 01 abaixo:

$$P_{eq} = 135 + 84 + 1690 = 1909 \text{ (01)}$$

Para o cálculo das populações equivalentes, seguiu-se a linha de raciocínio de NAKAGAWA (2009), onde ela em seu estudo `Caracterização do consumo de água em prédios universitários: O caso da UFBA` utiliza de considerações específicas para a caracterização do consumo em edificações universitárias, dependendo de cada função.

Inicialmente, com a intenção de padronizar a população das diferentes edificações seguindo o método de NAKAGAWA (2009), definiu-se como População Equivalente (PE) os usuários integrais que utilizavam do campus universitário 8 horas/dia, em 5 dias por semana. Com esse conceito em mente, diferenciaram-se os tipos de usuários e atribuiu-se um peso a cada um, de acordo com suas características de

frequência: alunos = 0,75; servidores, incluindo professores = 1; prestadores de serviços terceirizados = 1.

A divisão da quantidade de servidores entre as edificações foi feita com base na experiência prática de alunos em frequentar o campus diariamente durante 5 anos de graduação. Esse entendimento também foi utilizado para alguns terceirizados que convivemos diariamente, mas como uma grande maioria atua na manutenção do campus e não possui um local fixo exato de trabalho, baseado na quantidade total fornecida pela subprefeitura, fez-se uma divisão coerente entre as demais edificações.

Os dados obtidos na subprefeitura sobre a quantidade de alunos dizem respeito à quantidade de pessoas matriculadas no campus, ou seja, um valor extremamente generalizado. Seria pouco eficiente a utilização direta desse número para cálculo de consumo dos blocos de aulas, geraria um superdimensionamento da rede, tendo em vista que o fluxo de alunos é rotativo por dia e por horário de aulas.

Ainda utilizando como base o estudo de NAKAGAWA (2009), fez-se um levantamento de aulas por horário, por curso e por bloco, utilizando o recurso do Controle Acadêmico, onde cada aluno pode ter acesso às disciplinas ofertadas por período, quantidade de vagas ofertadas e quantidade de vagas preenchidas naquele período, mesmo fora do calendário de matrícula. Os horários consultados dos cursos de Engenharia Civil, Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental e Agronomia estão disponíveis para acesso através do controle acadêmico, ou disponibilizado pela coordenação.

Para identificação dos cursos, usou-se as seguintes notas:

Engenharia Civil
 Engenharia de Alimentos
 Engenharia Ambiental
 Engenharia Agrônoma

Fez-se essa distribuição de alunos/horário/dia para os Blocos 1, 2 e 3, Laboratórios 1, 2 e 3 (Mestrado), que estão as edificações no CCTA que comportam as aulas teóricas e práticas das grades curriculares.

Após obtenção dos dados diários de utilização dos blocos em intervalos de 2 em 2 horas, fez-se a normalização para obtenção da População Equivalente a 8 horas/dia, usando a unidade de consumo o fator pessoa x hora.

Considera-se, por exemplo, que dois alunos permanecendo duas horas - fator aluno x hora = 4 - tem o mesmo efeito sobre o consumo que 4 alunos permanecendo 1 hora, ou 1 aluno permanecendo 4 horas. (NAKAGAWA, 2009).

Por fim, utilizou-se o fator frequência = 0,75 para encontrar a População Equivalente de alunos por dia em cada um dos blocos, justificado pelo regimento da UFCG, onde cada aluno deve ter no mínimo 75% de frequência para obter aprovação em suas disciplinas.

Para o Bloco de aulas 4, previsto no horizonte de projeto de 20 anos, fez-se uma média das populações equivalentes encontradas para os blocos 1, 2 e 3, como mostrado na equação 02 abaixo:

$$\text{População Equivalente} = \frac{\text{População} \times \text{Fator} \times \text{Frequência}}{\text{Fator}} \quad (2)$$

Para as Residências Universitárias Feminina e Masculina, os dados da quantidade de alunos residentes foram fornecidos em 27 de outubro de 2020 pela Coordenação de Assuntos Estudantis do CCTA, na pessoa de Sebastião Rodrigues Marques: Assistente Social e, na data, coordenador de assuntos estudantis. A residência feminina constava com 45 alunas residentes, e a masculina com 54 alunos. Foram também fornecidos dados sobre o Restaurante Universitário: 70 alunos atualmente são comensais e fazem refeições no RU, além dos residentes já citados.

4.3.5 Ciclo do consumo de água e contribuição de esgoto

O ciclo do consumo de água para cada edificação é o passo inicial para descobrir a vazão de esgoto do sistema de esgoto. As normas técnicas das grandes empresas de água e saneamento do país utilizam o consumo per capita para esse ciclo, especificando em tabelas as particularidades de cada tipo de edificação.

A contribuição de esgoto per capita pode ser calculada segundo a dedução:

Segundo a NBR 9649 (1986) - projetos de redes coletoras de esgoto sanitário,

coeficiente de retorno é a relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida. É identificado pela letra C e tem valor indicado pela norma igual a 0,8; de forma direta mais reduzida, esse coeficiente diz que 80% da água consumida per capita retorna ao sistema de esgotamento como vazão.

Para caracterizar o consumo das edificações do CCTA, foram consultadas tabelas das Normas Brasileiras Regulamentadoras e da SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, são elas: Tabela 1 da NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e o anexo B da NTS 181 - Norma Técnica Sabesp - Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro.

Algumas edificações precisaram de uma composição de consumo, pois possuem mais de uma função quando relacionadas com as tabelas da NBR 7229 e da NTS 181. Por exemplo: a garagem também serve de local para abrigar e/ou consertar os veículos do campus, também serve de suporte (água, pia, chuveiro e sanitário) para motoristas e/ou terceirizados que estejam trabalhando nas proximidades. Esse mesmo entendimento foi utilizado para o RU, a cantina, os laboratórios 1, 2, o mestrado e a futura quadra. Na rotina diária de alunos no campus é possível observar essa justificativa na prática. Para essas sete edificações e o auditório, os cálculos de contribuição diária serão feitos e explicados individualmente, de acordo com as especificações abaixo:

¿ Auditório:

- IJ 1 uso: 4 horas (uma manhã, uma tarde ou uma noite).
- IJ Considerando eventos e aulas: 15 dias de utilização do auditório.
- IJ Considerando 1 dia como 8 horas. 8 horas como 2 usos.
- IJ 15 dias = 30 usos.

¿ Garagem

- IJ A garagem possui 5 veículos e 5 funcionários que utilizam do prédio.
- IJ Cálculo do consumo diário pela função mista da mesma edificação (garagem e alojamento).

¿ Restaurante Universitário (RU)

- IJ 70 comensais e 99 residentes.
- IJ 99 cafés; 169 almoços; 99 jantãs = 367 refeições/dia
- IJ Utilização do número de funcionários baseado na utilização dos banheiros externos do Restaurante Universitário.

¿ Cantina

- IJ 8 funcionários
- IJ 40 cafés; 50 almoços; 110 lanches = 200 refeições/dia

IJ Utiliza²o do n^omero de funcion^os baseado na utiliza²o dos banheiros externos do Restaurante Universit^oio.

z Quadra

IJ Previs²o de constru²o para um horizonte de 20 anos.

IJ Valor da unidade de consumo de acordo com a Norma T^ecnica 181 da Sabesp SP.

Para o c^oculo do consumo dos Laborat^orios do CCTA usou-se como refer^encia o estudo de NAKAGAWA (2009), onde foram medidos atrav^es de hidr^ometros consumos de diversos laborat^orios. Fez-se uma m^edia de consumo de 7 laborat^orios medidos, com fun^oes semelhantes aos existentes no CCTA. S^o eles: Laborat^orio de f^osica, laborat^orio de Qu^omica, laborat^orio de Geoci^encias, laborat^orio de Nutri²o, laborat^orio de Biologia, laborat^orio de Farm^ocia e laborat^orio da Polit^ecnica.

Os dados de consumo utilizados foram dados que desconsideravam o consumo dos destiladores e as perdas f^osicas dos laborat^orios estudados, uma vez que a ^egua consumida pelos destiladores n^o retorna ao sistema de esgotamento e as perdas f^osicas do estudo s^oo caracter^osticas particulares das medi^oes de NAKAGAWA.

Por fim, para finalizar o c^oculo da contribui²o de esgoto di^oria por edifica²o, precisamos multiplicar os consumos di^orios por edifica²o pelo coeficiente de retorno, igual $\approx 0,8$ como j^oustificado anteriormente.

4.3.6 C^oculo da vaz²o de esgoto

4.3.6.1 Vaz²o de in^ocio de plano (2020)

O c^oculo da vaz²o de in^ocio de plano ^e dado pela seguinte equa²o 03:

$$Q_{2020} = C \cdot P_i \cdot q \quad (03)$$

Onde:

IJ Q_{2020} ^e dado em l/s;

IJ C ^eo coeficiente de retorno;

IJ P_i a popula²o em 2020;

IJ q o consumo di^orio fixado em l/s.

A equa²o 03 pode ser relacionada com a contribui²o di^oria de esgoto gerando a equa²o 04:

$$Q_{d,i} = \frac{Q_{d,i} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} \quad (04)$$

4.3.6.2 Vazão de final de plano (2040)

A equação 04 também é utilizada para esse cálculo, com a população de 2040 e o consumo diário total para 2040.

$$Q_{d,i} = \frac{Q_{d,i} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} \quad (04)$$

4.3.6.3 Vazões de dimensionamento

As vazões de início e final de plano calculadas anteriormente são distribuídas de maneira uniforme ao longo dos dias. Há uma variação de acordo com as horas do dia, com os dias dos meses, estações do ano e outros fatores como temperatura e precipitação. Dessa forma, para o cálculo de vazões de dimensionamento são considerados 3 coeficientes:

K1 - coeficiente de máxima vazão diária - é a relação entre a maior vazão diária verificada do ano e a vazão média diária anual.

K2 - coeficiente de máxima vazão horária - é a relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia.

K3 - coeficiente de mínima vazão horária - é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

A NBR 9649 recomenda a adoção dos seguintes valores para os coeficientes:

$$\begin{aligned} K_1 &= 1,2 \\ K_2 &= 1,2 \\ K_3 &= 1,2 \end{aligned}$$

4.3.6.4 Vazão de demanda inicial e final

As vazões de demanda inicial e final são calculadas pelas equações 05 e 06 abaixo:

$$Q_{d,i} = \frac{Q_{d,i} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} \quad (05)$$

$$Q_{d,f} = \frac{Q_{d,f} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} \quad (06)$$

Onde

IJ - Q_{d,i} e Q_{d,f} são as vazões de demanda inicial e final em l/s, respectivamente.

IJ Q2020 e Q2040 s²o as vazões de início e final de plano em l/s, respectivamente.

4.3.7 Taxa de contribuição linear

As vazões de demanda inicial e final s²o calculadas para toda a rede. O cálculo de vazão trecho por trecho é feito através do conceito da taxa de contribuição linear. Para isso, inicialmente devemos introduzir o conceito de taxa de infiltração.

Nas tubulações da rede coletora de esgoto a vazão produzida pelas edificações é acrescida de infiltrações. Essas águas entram no sistema coletor através das juntas das tubulações, paredes, poços de visita, tubos de inspeção e limpeza, terminais de limpeza, estações elevatórias e etc. A NBR 9649 recomenda a adoção de um valor de 0,05 l/s.km; O valor pode variar dependendo do tipo de solo e de características geográficas da localidade. Para o projeto em questão, adotou-se a taxa de infiltração igual a 0,1 l/s.km, por ser um valor usual em projeto para esse parâmetro.

A taxa de contribuição linear é calculada como inicial e final, pela equação 07 abaixo, tendo em vista as diferenças de vazão e comprimento de rede no início e no final do plano.

$$T_{xi} = \frac{Q_{di} + Q_{inf} \cdot L}{L} \quad (07)$$

$$T_{xf} = \frac{Q_{df} + Q_{inf} \cdot L}{L} \quad (07)$$

Onde:

- IJ Tx inicial e final s²o as taxas de contribuição linear, em l/s.m;
- IJ L total (2020 ou 2040), o comprimento total da rede em 2020 e em 2040 em m;
- IJ Qdi e Qdf, as vazões de demanda inicial e final em l/s;
- IJ Tinf a taxa de infiltração em l/s.m.

4.3.8 Planilha de dimensionamento

O dimensionamento foi feito em duas planilhas: uma referente ao ano de 2020 e outra referente ao ano de 2040. Para garantir a viabilidade do projeto durante os 20 anos, recomenda-se utilizar em execução a planilha referente ao ano de 2040. As planilhas completas estão no anexo C e D.

4.3.9 Traçado da rede coletora de esgoto

Como citado anteriormente, o traçado encontra-se no anexo B. Através da análise da topografia do local, fez-se o traçado da rede coletora de esgoto. Tentou-se ao máximo respeitar o seguimento das cotas, dando a cada trecho um sentido de fluxo orientado pela gravidade. Em alguns setores, como por exemplo, a área por trás da biblioteca, mostrado na figura 9, onde passou o coletor que juntava as vazantes da coordenação e do auditório, não tinha diferença de cota para dar declividade, era uma área plana. Nesse caso, uma solução prática de execução seria a forma de escavação das valas, ou forma de posicionar da tubulação.

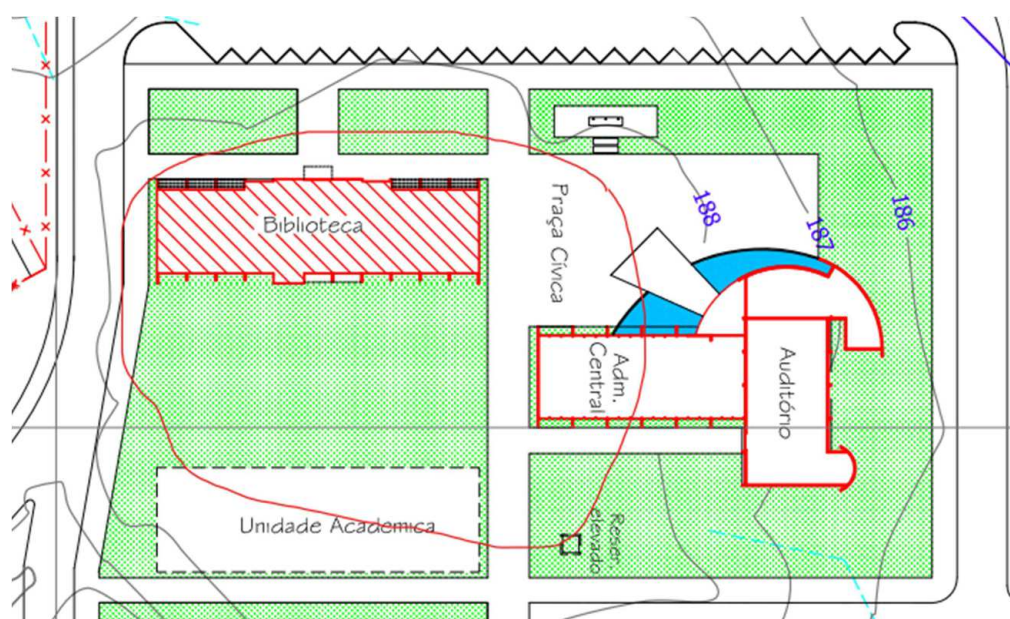


Figura 9: Área plana por trás da biblioteca.
Fonte: O autor (2021)

No Anexo B, a rede coletora está identificada pela cor amarelo e laranja, os pontos identificados por vermelho, o sentido do escoamento do esgoto identificado por azul, os pontos de visita (PV) identificados por roxo, os terminais de limpeza (TL) identificados por rosa e o local destinado ao tratamento dos efluentes identificado por verde. Representação foi mostrada na imagem 10 abaixo.

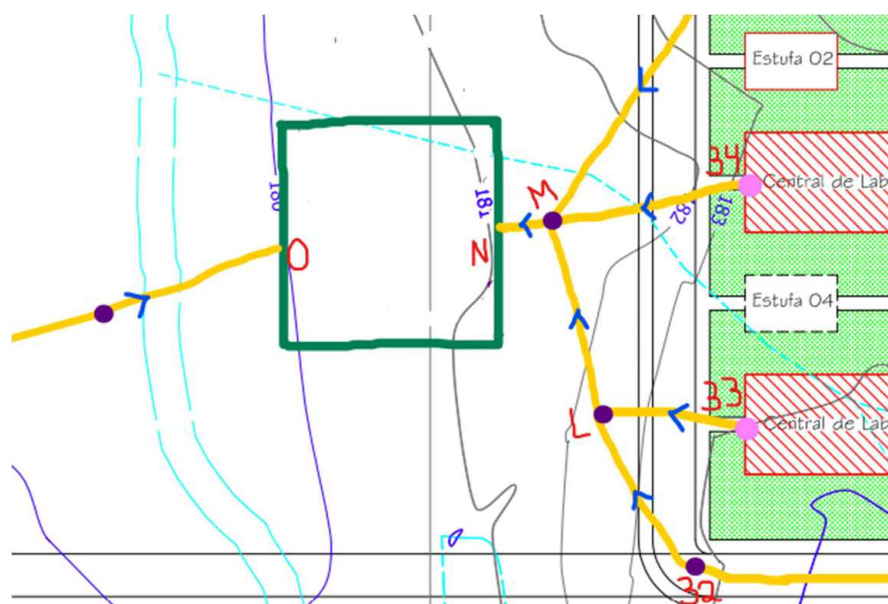


Figura 10: Ilustração da representação com cores.
Fonte: O autor (2021)

4.3.10 Nomeação dos trechos

Os trechos foram nomeados pelo início e final de coletor, sendo todos formados por dois pontos. Adotaram-se letras para identificar com mais facilidade os locais de encontro de vazões de mais de um coletor, com a intenção de evitar a confusão com números no desenvolvimento da planilha.

Pontos que indicavam início, final ou apenas seguimento das tubulações foram nomeados com números.

4.3.11 Cotas do terreno

Através do mapa, do traçado feito e da nomeação dos trechos, fez-se a identificação das cotas a montante e jusante de cada coletor. A cota montante era a cota do primeiro ponto e a cota jusante a do segundo, todas em metros. Alguns pontos que estavam entre as linhas de cota do mapa foram retirados por meio de ponderação: identificava-se o meio da cota e dependendo da posição adotava-se o valor. Apesar de ser um método impreciso, foi necessário e essencial, uma vez que algumas áreas possuem uma declividade muito pequena. Todas as cotas foram dadas em metro.

4.3.12 Cotas das tubulações

A NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, fixa os seguintes valores para recobrimento de tubulações: não deve ser inferior a 0,9 m para coletor assentado no leito da via de tráfego, ou a 0,65 m para coletor assentado no passeio.

Somente nos coletores da subprefeitura, garagem e residências foram considerados 0,65 m de recobrimento mínimo, justificado no fato de que o lugar do traçado nº 01 não possui acesso e circulação de estudantes, como mostrado na figura 11.

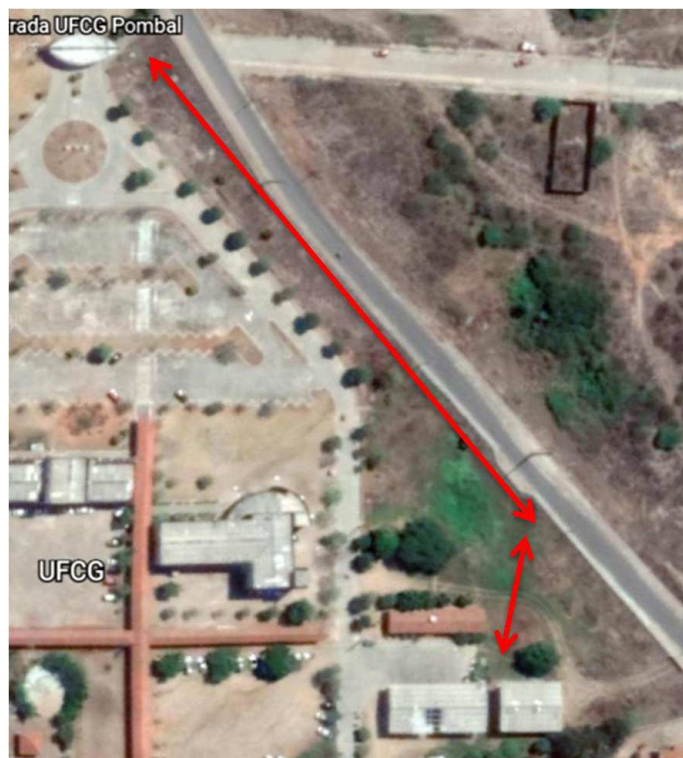


Figura 11: Ilustração da área de utilização do recobrimento mínimo.
Fonte: O autor (2021).

Dessa forma, as cotas de montante e jusante foram calculadas pelas seguintes equações 08 e 09:

$$C_{j+1} = C_j - L_j \cdot I \quad (08)$$

$$C_{j+1} = C_j + L_j \cdot I \quad (09)$$

Onde:

IJ L_j é o comprimento de cada trecho em m;

IJ I é a inclinação adotada em m/m, que será calculada nos tópicos posteriores.

4.3.13 Taxa de contribuição linear

Essa taxa foi calculada junto com os conceitos de vazão através da equação 07, e será retomada nesse tópico por questões de organização. Diz respeito, resumidamente, à quantidade de esgoto por cada metro de tubulação, baseado na vazão de todo plano.

Através dessa taxa, do comprimento dos trechos e do sentido de caminamento das vazões, é possível identificar a vazão a montante, jusante e no trecho de cada coletor.

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (10)$$

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (11)$$

4.3.14 Vazões por trecho

Quatro vazões serão desenvolvidas para o dimensionamento nesse tipo de sistema: vazão a montante, vazão no trecho, vazão de jusante e vazão adotada.

A vazão em cada coletor depende diretamente do traçado da rede coletora. Antes de desenvolver fórmulas, é necessário entender a logística. Lembrando que cada coletor é formado por um ponto de início e um ponto final. Para coletores que iniciam tubulações (que são ligados diretamente à edificações), temos as equações 10, 11 e 12:

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (10)$$

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (11)$$

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (12)$$

Onde:

- Ij Comprimento de cada trecho em m.
- Tx a taxa de contribuição linear calculada no item anterior.

Para coletores que dão seguimento a rede (ligam um coletor a outro, transportando a vazão), temos as equações 13, 14 e 15:

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (13)$$

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (14)$$

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (15)$$

A vazão adotada é uma condição em relação com a vazão mínima dita pela NBR 9649 e por normas técnicas de projetos de saneamento. A menor vazão que pode existir no sistema é de 1,5 l/s, que é justificado como a vazão de pelo menos uma bacia sanitária. Dessa forma:

$$Q_{i,j} = \frac{L_{i,j} \cdot T_x}{L_{i,j} + L_{j,k}} \cdot Q_{j,k} \quad (15)$$

4.3.15 Declividade dos trechos

Para a decisão de qual inclinação adotar nos trechos, calcula-se a inclinação do terreno natural e a inclinação mínima que aquela tubulação necessita para garantir a tensão trativa mínima maior ou igual a 1 Pa. Adota-se a maior entre as duas.

A inclinação do terreno é o módulo da diferença de cotas pelo comprimento do trecho, demonstrado na equação 16 abaixo:

$$i_{\text{terreno}} = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (16)$$

Como citado anteriormente, a inclinação mínima é dada por fórmula com a intenção de garantir a tensão trativa mínima na tubulação maior ou igual a 1 Pa. A fórmula para esse cálculo assume diferentes formas, dependendo do valor do coeficiente de Manning para a tubulação. Mais a frente falaremos sobre o material escolhido, mas neste ponto é necessário citar que foi adotado o PVC. Assim, a inclinação mínima para o PVC com coeficiente de Manning igual a 0,010, é dada pela equação 17 abaixo:

$$i_{\text{min}} = \frac{Q}{C \cdot R^{2/3}} \quad (17)$$

Onde:

- IJ i_{min} dada em m/m;
- IJ Q (inicial adotada para o trecho) em l/s.
- IJ Adota-se para cada trecho, a maior inclinação entre as duas calculadas.

A declividade máxima dos trechos é calculada pela equação 18, e tem como princípio garantir a velocidade da tubulação igual a 5,0 m/s.

$$i_{\text{max}} = \frac{V}{C \cdot R^{2/3}} \quad (18)$$

Onde:

- IJ i_{max} dada em m/m;
- IJ Q (final adotada para o trecho) em l/s.

4.3.16 Diâmetro mínimo

Nos projetos de rede coletora de esgoto trabalha-se com o princípio das tubulações funcionarem com uma lâmina d'água igual ou inferior a 75% do diâmetro, garantindo o conceito de conduto livre com a intenção de que o sistema seja ventilado e prevenido de entupimentos por supostos sólidos em suspensão.

Tendo os dados de vazão adotada e inclinação adotada e tendo a ideia de inclinação máxima fixada, pode-se calcular o diâmetro mínimo que satisfaça a esses critérios através da equação 19:

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{I \cdot C}} \quad (19)$$

Onde:

- IJ D se encontra em m;
- IJ Q (adotada para o trecho) em m³/s;
- IJ I (adotada) em m/m.

4.3.17 Raio hidráulico

Para encontrar o raio hidráulico de cada trecho de acordo com os dados obtidos até o momento, utilizou-se a figura 12 abaixo que representa uma adaptação de AZEVEDO NETTO (2019) de tabela de dimensionamento de seções circulares:

DIMENSIONAMENTO DE SEÇÕES CIRCULARES					
Q/Q _{CHEIA}	V/V _{CHEIA}	R/D	y/D	Q ² /D ⁵	η
0.01	0.319	0.045	0.070	0.000	8.76
0.02	0.396	0.062	0.098	0.001	6.71
0.03	0.445	0.074	0.118	0.002	5.80
0.04	0.486	0.085	0.136	0.004	5.19
0.05	0.521	0.094	0.152	0.006	4.76
0.06	0.550	0.102	0.166	0.008	4.45
0.07	0.576	0.109	0.179	0.011	4.20
0.08	0.598	0.116	0.191	0.014	4.00
0.09	0.621	0.122	0.203	0.018	3.82
0.10	0.640	0.128	0.214	0.022	3.67
0.11	0.658	0.133	0.224	0.027	3.54
0.12	0.674	0.138	0.234	0.032	3.43
0.13	0.691	0.143	0.244	0.037	3.32
0.14	0.705	0.148	0.253	0.043	3.23
0.15	0.720	0.153	0.262	0.049	3.15
0.15	0.726	0.155	0.266	0.052	3.12
0.16	0.733	0.157	0.271	0.056	3.08
0.17	0.746	0.161	0.279	0.06	3.01
0.18	0.757	0.165	0.287	0.07	2.95
0.19	0.769	0.169	0.295	0.08	2.89
0.20	0.780	0.172	0.303	0.09	2.83
0.21	0.792	0.176	0.311	0.10	2.78
0.22	0.802	0.180	0.319	0.11	2.73
0.23	0.813	0.183	0.327	0.12	2.68
0.24	0.822	0.186	0.334	0.13	2.64
0.25	0.832	0.190	0.341	0.14	2.60
0.26	0.840	0.193	0.348	0.15	2.57

Figura 12: Tabela de dimensionamento de seção circular
Fonte: O autor, adaptado de AZEVEDO NETTO (2019).

Inicialmente calculou-se a V_{az^2} cheia de cada condutor representada pela equa²o 20 abaixo:

$$V_{az^2} = \frac{Q_p}{Q} \cdot \frac{D^2}{I} \cdot \frac{1}{\sin^2 \theta} \quad (20)$$

Onde:

- IJ Q_p a vaz²o cheia em m³/s;
- IJ D o di^ometro em mm;
- IJ I a inclina²o adotada em m/m.

Tendo feito isso para todos os trechos, $\frac{Q}{Q_p}$ poss^ovel calcular Q/Q_p para dar entrada na tabela. Q a vaz²o adotada de cada trecho e Q_p a vaz²o cheia de cada trecho.

Com o valor de Q/Q_p poss^ovel encontrar R_h/D e Y/D (l^omina l^oquida) pelos seus correspondentes na tabela. Da^o, por regra de tr^s simples, encontrar o valor do Raio Hidr^oulico para cada trecho, como no exemplo:

$$\frac{R_h}{D} = \frac{Q}{Q_p} \cdot \frac{D^2}{I} \cdot \frac{1}{\sin^2 \theta}$$

$$\frac{R_h}{D} = \frac{0,5}{1} \cdot \frac{100^2}{0,005} \cdot \frac{1}{\sin^2 10^\circ} = 1,5 \times 10^6 \text{ km}^3$$

4.3.18 Velocidade cr^otica

Por crit^orios de norma, a NBR 9649 fixa que maior velocidade final permitida V_c de 5,0 m/s. A velocidade cr^otica V_c dada pela equa²o 21:

$$V_c = \sqrt{\frac{g \cdot R_h}{3}} \quad (21)$$

Com:

- IJ V_c em m/s;
- IJ g (acelera²o da gravidade) sendo 9,81 m/s²;
- IJ R_h calculado anteriormente em m.

4.3.19 Tens^oo tratativa

Para a tens^oo tratativa, pelo menos uma vez por dia ela deve atingir 1,0 Pa, para que o escoamento do esgoto satisfa^a a condi²o de autolimpeza dos condutores e controle de sulfeto. ξ calculada pela equa²o 22:

$$\xi = \frac{V_c}{g} \cdot \frac{D^2}{I} \cdot \frac{1}{\sin^2 \theta} \quad (22)$$

Onde:

- IJ σ a tensão de tração em Pa;
- IJ γ o peso específico do líquido, dado por 10.000 N/m³ para o esgoto;
- IJ R_h o raio hidráulico em m; I inclinação adotada em m/m.

4.3.20 Pontos de Acesso

Seguindo as especificações da NBR 9649, devem ser colocados terminais de limpeza (TL) em cada início de coletor. Pontos de visita (PV) nas mudanças de direção dos coletores, declividade e diâmetro. Nos casos de mudança de direção com ângulos menores que 90 graus, executar um degrau no PV, com a finalidade de se garantir a continuidade do movimento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas de dimensionamento completas referentes ao ano de 2020 e de 2040 estão no anexo C e D deste documento.

O tipo de sistema de esgotamento sanitário adotado no projeto é o tipo separador absoluto, onde é feito o transporte das vazões geradas pelas edificações componentes e por eventuais infiltrações no sistema. As águas pluviais não são coletadas e transportadas por esse sistema, uma vez que incluir essas águas seria um superdimensionamento da rede, pois devido ao clima da região, Pombal possui um baixo índice de precipitação.

Os resultados serão apresentados em forma de planilha, e algumas considerações construtivas que foram feitas serão justificadas.

O material escolhido para a rede coletora de esgoto é o PVC, com DN mínimo de 150mm, que é o mais usual para a CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Todos os dos trechos foram satisfeitos com o diâmetro mínimo. Dessa forma, para a rede coletora de esgoto projetada, finalizou-se com tubulações especificadas como: Tubo PVC PB JE Vinilfort, DN 150.

5.1 Cálculo da população equivalente

Através das considerações citadas no tópico 4.3.4, gerou-se a tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Divisão dos servidores e terceirizados por edificação.

Local	Servidores	Terceirizados	Outros
Biblioteca	5	-	-
Coordenação	15	11	-
Auditório	-	-	-
Garagem	-	5	-
Bloco dos Professores(2020)	83	2	-
Subprefeitura	5	3	-
Guarita	-	4	-
Res Fem	-	1	-
Res Masc	-	1	-
Bloco 1	-	3	-
Bloco 2	-	3	-
Bloco 3	-	3	-
Bloco 4	-	3	-
RU	-	10	-
Cantina	-	-	8
Lab 1	4	10	-
Lab 2	4	10	-

Mestrado	4	10	-
Quadra	-	5	-
TOTAL 2040	135	84	
TOTAL 2020	120	76	

Fonte: O autor (2021).

A coluna intitulada de 'outros' da tabela compreende os funcionários autônomos que trabalham na cantina e copiadora. Esse número não está incluído nos dados fornecidos pela subprefeitura, mas para o dimensionamento é extremamente necessário a utilização deles.

Através da distribuição de alunos/horário/dia, obteve-se as tabelas 2 - 7 abaixo:

Tabela 2: Bloco 1 - quantidade de alunos/horário/dia

Bloco 1					
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00-19:00
Seg	34 CI + 14Al + 94Ag	40CI + 30Am + 132Ag	93Ag	4Am + 8Al + 34Ag	70 CI
Terça	34 CI + 132Ag	34Al + 105Ag	21Am + 164Ag	7Am + 1Al + 133Ag	42CI + 60Ag
Quarta	40CI + 29Am + 136Ag	59Ag	4Am + 148Ag	10 CI + 8Al + 104Ag	35CI + 16Ag
Quinta	14CI + 2Am + 1Al + 70Ag	32 CI + 34Al + 164Ag	20CI + 133Ag	109Ag	-
Sexta	10CI + 7Am + 8Al + 89Ag	136Ag	70Ag	70Ag	-
Sábado	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2021).

Tabela 3: Bloco 2 - quantidade de alunos/horário/dia

Bloco 2					
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00-19:00
Seg	35CI + 30Am + 79Al + 6Ag	39CI + 2Am + 39Al	16CI + 14Am	35CI + 36Am	-
Terça	6CI + 53Am + 22Al + 10Ag	37CI + 25Am + 32Al + 48Ag	32CI + 19Am + 37Al	17CI + 44Am + 24Al + 1Ag	8Al
Quarta	68CI + 29Am + 44Al + 6Ag	127CI + 55Am + 97Al + 21Ag	60CI + 56Am + 60Al + 3Ag	21CI + 56Am + 75Al + 13Ag	32Am
Quinta	49CI + 54Am + 31Al + 48Ag	9CI + 60Am + 31Al + 10Ag	10CI + 49Am + 45Al + 3Ag	55CI + 33Am + 8Al	-
Sexta	38CI + 40Am + 83Al + 8Ag	55CI + 42Am + 65Al + 16Ag	28Al	28Al	-
Sábado	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2021).

Tabela 4: Bloco 3 - quantidade de alunos/horário/dia

Bloco 3					
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00-19:00

Seg	69CI + 44Am + 21Al	77CI + 61Am + 21Al	143CI + 72Am + 49Al	117CI + 38Am + 12Al + 21Ag	26Am
Terça	46CI + 13Am + 81Al	69CI + 58Am + 15Al + 3Ag	116CI + 25Am + 63Al + 3Ag	165CI + 25Am + 30Al	35CI + 40Am
Quarta	89CI + 68Am + 72Al	65CI + 54Am + 29Al	136CI + 25Am + 43Al	142CI + 43Am + 38Al + 21Ag	38CI + 35Am
Quinta	116CI + 47Am + 67Al + 3Ag	108CI + 41Am + 30Al	144CI + 47Am + 45Al	102CI + 25Am + 46Al + 3Ag	82CI + 21Am
Sexta	83CI + 14Am + 24Al	78CI + 16Al	33CI + 21Am	10CI + 19Am + 13Al	47Am
Sábado	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2021).

Tabela 5: Bloco de Laboratórios 1 - quantidade de alunos/horário/dia

Lab 1					
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00-19:00
Seg	-	-	61Ag	8Al	-
Terça	21Al	-	-	14CI + 2Am + 5Al	61Ag
Quarta	21Al	-	8Al	-	-
Quinta	-	31CI	27Al	27Al	-
Sexta	-	-	22CI + 5Am + 13Al	22CI + 5Am + 13Al	-
Sábado	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2021).

Tabela 6: Bloco de Laboratórios 2 - quantidade de alunos/horário/dia

Lab 2					
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00-19:00
Seg	1CI + 10Am + 6Ag	1CI + 10Am + 6Ag	11Am	11Am	
Terça	11CI + 11Am + 4Ag	11CI + 11Am + 4Ag	8Al	8Al	
Quarta	-	23C	-		7Al
Quinta	-	-	-	17CI + 16Al	
Sexta	-	22Ag	9CI		
Sábado	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2021).

Tabela 7: Bloco do Mestrado - quantidade de alunos/horário/dia

Lab 3 - Mestrado					
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00-19:00
Seg	-	22CI	-	-	-
Terça	-	-	-	-	-
Quarta	-	22CI + 8Al	-	-	-
Quinta	5Am	-	-	-	-
Sexta	-	8Al	-	-	-
Sábado	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2021).

Com a normaliza o da PE = 8 horas/dia e a utiliza o do fator frequência, foram geradas as tabelas 8 - 13 abaixo:

Tabela 08: Bloco 1 - Popula o Equivalente/dia

Bloco 1							
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00- 19:00	Qt de alunos	PE/dia
Seg	142	202	93	46	70	553	138
Terça	166	139	185	141	102	733	183
Quarta	205	59	152	122	51	589	147
Quinta	87	199	153	109	-	548	137
Sexta	114	136	70	70	-	390	98
Sabado	-	-	-	-	-	-	-
Soma						2813	
Popula�o Equivalente - alunos							141
Fator frequência							105

Fonte: O autor (2021).

Tabela 09: Bloco 2 - Popula o Equivalente/dia

Bloco 2							
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00- 19:00	Qt de alunos	PE/dia
Seg	150	80	30	71	-	331	83
Terça	91	142	88	86	8	415	104
Quarta	147	300	179	165	32	823	206
Quinta	182	110	107	96	-	495	124
Sexta	169	178	28	28	-	403	101
Sabado	-	-	-	-	-	-	-
Soma						2467	
Popula�o equivalente - alunos							123
Fator frequência							93

Fonte: O autor (2021).

Tabela 10: Bloco 3 - Popula o Equivalente/dia

Bloco 3							
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00- 19:00	Qt de alunos	PE/dia
Seg	134	159	264	188	26	771	193
Terça	140	145	207	220	75	787	197
Quarta	229	148	204	244	73	898	225
Quinta	233	179	236	176	103	927	232
Sexta	121	94	54	42	47	358	90
Sabado	-	-	-	-	-	-	-
Soma						3741	
Popula�o equivalente - alunos							187
Fator frequência							140

Fonte: O autor (2021).

Tabela 11: Bloco de Laborat#rios 1 - Popula#o Equivalente/dia

L ab 1							
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00- 19:00	Qt de alunos	PE /dia
Seg	-	-	61	8	-	69	17
Ter#a	21	-	-	21	61	103	26
Quarta	21	-	8	-	-	29	7
Quinta	-	31	27	27	-	85	21
Sexta	-	-	40	40	-	80	20
S#bado	-	-	-	-	-	-	-
Soma						366	
Popula#o Equivalente - usu#rios							18
Fator frequ#ncia							14

Fonte: O autor (2021).

Tabela 12: Bloco de Laborat#rios 2 - Popula#o Equivalente/dia

L ab 2							
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00- 19:00	Qt de alunos	PE /dia
Seg	17	17	11	11		56	14
Ter#a	26	26	8	8		68	17
Quarta	-	23	-		7	30	8
Quinta	-	-	-	33		33	8
Sexta	-	22	9			31	8
S#bado	-	-	-	-	-	-	-
Soma						218	
Popula#o equivalente - usu#rios							11
Fator frequ#ncia							8

Fonte: O autor (2021)

Tabela 13: Bloco do Mestrado - Popula#o Equivalente/dia

L ab 3- Mestrado							
	07:00 - 09:00	09:00 - 11:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00- 19:00	Qt de alunos	PE /dia
Seg	-	22	-	-	-	22	6
Ter#a	-	-	-	-	-	0	0
Quarta	-	30	-	-	-	30	8
Quinta	5	-	-	-	-	5	1
Sexta	-	8	-	-	-	8	2
S#bado	-	-	-	-	-	-	-
Soma						65	
Popula#o equivalente - usu#rios							3
Fator frequ#ncia							2

Fonte: O autor (2021).

Por fim, pode-se compor a tabela 14 de Popula#o Equivalente fixa nas edifica#es por dia para 2020 e 2040. # v#lido lembrar que para 2040, todos os

aumentos de população foram justificados no horizonte de projeto. A tabela 14 seguinte:

Tabela 14: População Equivalente fixa por edificação

Edificação	Pop fixa total Equivalente	
	2020	2040
Biblioteca	5	5
Coordenação	26	26
Auditorio	-	-
Garagem	5	5
Professores	85	100
Subprefeitura	8	8
Guarita	4	4
Res Fem	46	46
Res Masc	55	55
Bloco 1	108	108
Bloco 2	96	96
Bloco 3	143	143
Bloco 4	-	116
RU	10	10
Cantina	8	8
Lab 1	28	28
Lab 2	22	22
Mestrado	16	16
Quadra	-	5
Total Equivalente	665	801

Fonte: O autor (2021).

5.2 Ciclo do consumo de água e contribuição de esgoto

Cada edificação foi caracterizada e definiu-se seu consumo diário, expresso na tabela 15 abaixo:

Tabela 15: Consumo diário das edificações do CCTA

Edificação	Tipo de ocupação pela bibliografia	Consumo diário
Biblioteca	Prédios públicos e comerciais	50L/função
Coordenação	Três administrativas	50L/função
Auditorio	Cinemas, teatros e locais de curta permanência	2L/lugar
Garagem	Garagens de veículos	5L/veículo + 50L/func.
Professores	Três administrativas	50L/função
Subprefeitura	Três administrativas	50L/função
Guarita	Três administrativas	50L/função

Res Fem	Residências coletivas	120L per capita
Res Masc	Residências coletivas	120L per capita
Bloco 1	Educacionais - integral	50L per capita
Bloco 2	Educacionais - integral	50L per capita
Bloco 3	Educacionais - integral	50L per capita
Bloco 4	Educacionais - integral	50L per capita
RU	Serviços de alimenta ^{ção}	25L/refei ^{ção} + 50L/func
Cantina	Serviços de alimenta ^{ção}	25L/refei ^{ção} + 50L/func
Lab 1	Laboratórios	Aulas + exp + 50L/func
Lab 2	Laboratórios	Aulas + exp + 50L/func
Mestrado	Laboratórios	Aulas + exp + 50L/func
Quadra	Quadras poliesportivas	26L/chuveiro + 50L/funcionário

Fonte: O autor (2021).

Com os coeficientes de consumo diários e a população fixa, o consumo diário de cada população é facilmente calculado por regra de três simples. Segue o exemplo para a coordenação:

$$\frac{26 \text{ L/chuveiro} \times 26 \text{ funcionários}}{1000 \text{ funcionários}} = 0,676 \text{ L/funcionário}$$

De acordo com a Tabela 14, a coordenação possui população fixa de 26 funcionários, assim:

$$\frac{0,676 \text{ L/funcionário} \times 26 \text{ funcionários}}{1000 \text{ funcionários}} = 0,017576 \text{ L/m}^2$$

Esse cálculo foi repetido para todas as outras edificações que não precisaram da composição de consumo.

As tabelas 16 - 20 trazem os cálculos referentes às composições de consumo das edificações que tiveram as considerações citadas:

Tabela 16: Composição de consumo do Auditório

Auditório					
Unidade de consumo	Qt de lugares	Consumo (L/uso)	Qt. De Usos	Consumo (L/m, s)	Consumo (L/dia)
2L/lugar	150	300	30	9000	300

Fonte: O autor (2021).

Tabela 17: Composição de consumo da Garagem

Garagem			
Unidade de consumo	Qt. De und	Consumo (L/dia)	Soma (L/dia)
5L/veículo	5	25	275
50L/funcionário	5	250	

Fonte: O autor (2021).

Tabela 18: Composição de consumo do Restaurante Universitário

Restaurante Universitário (R U)			
Unidade de consumo	Qt. De und	Consumo (L /dia)	Soma (L /dia)
25L/refeição	367	9175	9675
50L/função	10	500	

Fonte: O autor (2021).

Tabela 19: Composição de consumo da Cantina

Cantina			
Unidade de consumo	Qt. De und	Consumo (L /dia)	Soma (L /dia)
25L/refeição	200	5000	5400
50L/função	8	400	

Fonte: O autor (2021).

Tabela 20: Composição de consumo da Quadra

Quadra			
Unidade de consumo	Qt. De und	Consumo (L /dia)	Soma (L /dia)
26L/chuveiro	10	260	510
50L/função	5	250	

Fonte: O autor (2021).

Para os laboratórios, utilizou-se como referência os valores de NAKAGAWA (2009) mostrados na tabela 21:

Tabela 21: Consumos de laboratórios da UFBA

Medições NAKAGAWA (2009)	Consumo (m ³ /dia)	m ³ /dia (m ³ /dia)	Consumo referência (L /dia)
Física	4,07	9,49429	9494,2857
Química	14,1		
Geociências	14,49		
Nutrição	5,27		
Biologia	4,64		
Farmácia	10,25		
Politécnica	13,64		

Fonte: O autor (2021).

Assim, calculou-se o consumo dos laboratórios do CCTA como apresentado nas tabelas 22 - 24:

Tabela 22: Composição de consumo do Laboratório 1

Lab 1		
Unidade de consumo	Qt. De und	Consumo (L /dia)
9500L/dia/laboratório	7	66500
50L/função	14	700

soma	67200
------	-------

Fonte: O autor (2021).

Tabela 23: Composição de consumo do Laboratório 2

Lab 2		
Unidade de consumo	Qt. De und	Consumo (L /dia)
9500L/lab	7	66500
50L/função	14	700
soma		67200

Fonte: O autor (2021).

Tabela 24: Composição de consumo do Laboratório 3 - Mestrado

Lab 3 - Mestrado		
Unidade de consumo	Qt. De und	Consumo (L /dia)
9500L/lab	4	38000
50L/função	14	700
soma		38700

Fonte: O autor (2021).

Multiplicando esses dados pelo coeficiente de retorno obtém-se a contribuição diária de esgoto expressa na tabela 25:

Tabela 25: Contribuição diária de esgoto por edificação

Edificação	Contribuição de esgoto (L /dia)	
	2020	2040
Biblioteca	200	200
Coordenação	1040	1040
Auditório	240	240
Garagem	220	220
Professores	3400	4000
Subprefeitura	320	320
Guarita	160	160
Res Fem	4416	4416
Res Masc	5280	5280
Bloco 1	4320	4320
Bloco 2	3840	3840
Bloco 3	5720	5720
Bloco 4	-	4640
RU	7740	7740
Cantina	4320	4320
Lab 1	53760	53760
Lab 2	53760	53760
Mestrado	30960	30960
Quadra	-	408

Total	179696	185344
-------	--------	--------

Fonte: O autor (2021).

Temos os laboratórios como as edifica es com maior consumo de água do campus, tendo como base a média de consumo encontrada na literatura. Na prática, não   difícil encontrar relatos de alunos e funcionários sobre o alto consumo dessas edifica es. Foi possível absorver que, além do gasto com as atividades realizadas (experimentos, pesquisas, ensaios, estudos, etc), as limpezas de materiais utilizados e a higiene do local também demandam um consumo maior do que nos blocos de aulas simples.

5.3 C culo da vazão de esgoto

5.3.1 Vazão de início de plano (2020)

Utilizando a equa o 04 citada, calcula-se a vazão de início de plano:

$$Q_{in} = \frac{Q_{max} \sqrt{H}}{\sqrt{L}}$$

5.3.2 Vazão de final de plano (2040)

Da mesma forma, calcula-se para final de plano:

$$Q_{out} = \frac{Q_{max} \sqrt{H}}{\sqrt{L}}$$

5.3.3 Vazão de demanda inicial e final

Através das fórmulas 05 e 06, calcula-se:

$$Q_{in} = \frac{Q_{max} \sqrt{H}}{\sqrt{L}}$$

$$Q_{out} = \frac{Q_{max} \sqrt{H}}{\sqrt{L}}$$

A vazão utilizada no dimensionamento trecho por trecho foi calculada baseada nos princípios da contribui o linear.

5.4 Taxa de contribui o linear

Usando a equa o 07, para dados de projeto, calcula-se:

$$TCL = \frac{Q_{max} \sqrt{H}}{\sqrt{L}}$$



Figura 13: Trecho sem escoamento por gravidade.
Fonte: O autor (2021)

As medições de comprimento desses trechos foram feitas através do google Earth, por motivos de serem medidas mais fidedelmente a realidade de campo. O menor trecho medido foi o trecho 25-26, que mediu na planilha 6,09m e representa a saída dos efluentes do Bloco de aulas 3, para a tubulação coletora, como mostrado na figura 14 abaixo:

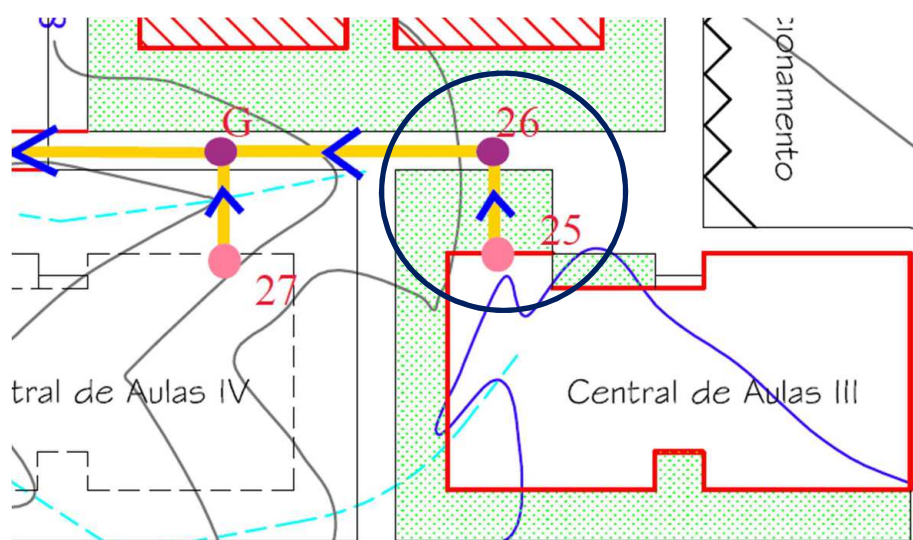


Figura 14: Menor trecho medido.
Fonte: O autor (2021)

O maior trecho medido em planilha, foi o trecho B-37 que mediu 58,05m, mostrado na figura 15. Esse trecho é o primeiro de uma linha que funciona como

emissão, destinado a transportar a vazão de uma área mais baixa, para uma mais alta. As especificidades decididas para esse trecho serão abordadas no próximo tópico.

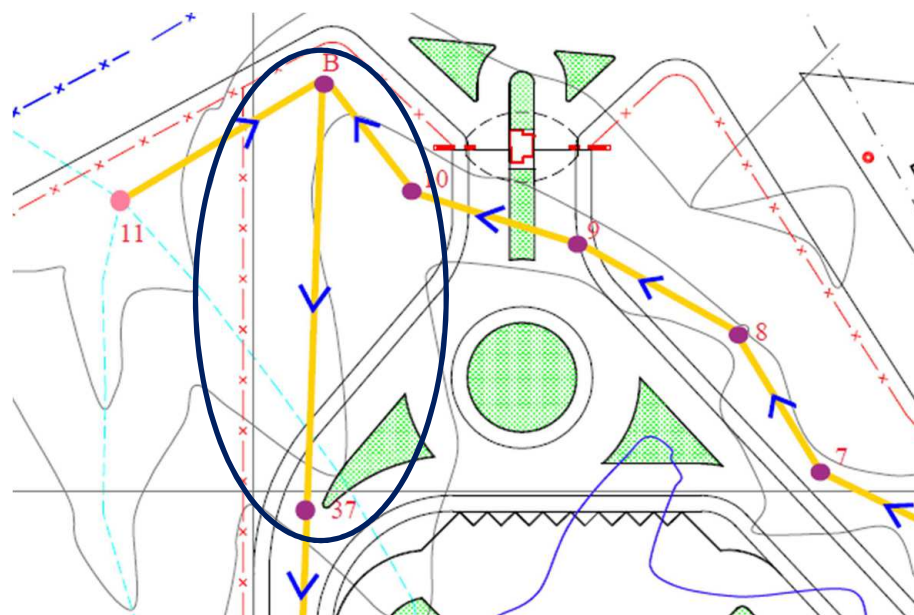


Figura 15: Maior trecho medido.
Fonte: O autor (2021).

5.6 Cotas do terreno

A problemática da topografia do CCTA se dá por o campus conter algumas edificações (já construídas) em cotas altas e outras em cotas bem inferiores, o que impossibilita o traçado direto inteiramente por gravidade. A tabela 26 abaixo mostra, de forma mais simplificada, essa localização:

Tabela 26: Cotas das edificações já construídas do CCTA.

Setorização	Cota
Biblioteca (I)	188
Auditorio (I)	188
Coordenação (I)	188
Bloco dos professores (II)	189
Bloco 1 (II)	189
Bloco 2 (II)	189
Bloco 3 (II)	190
RU (II)	187
Cantina (II)	186
Lab 1 (III)	184
Lab 2 (III)	183
Mestrado (III)	184
Residência masc (IV)	183
Residência Fem (IV)	182
Subprefeitura (IV)	184
Garagem (IV)	185

Fonte: O autor (2021)

Inicialmente as edificações foram divididas em 4 grupos de acordo com suas proximidades físicas e valores de cotas semelhantes: I, II, III e IV, mostrados na tabela 26. Foi possível identificar ser permitido convergir as vazões dos grupos I, II e III para o mesmo ponto (por trás do grupo III, onde as cotas tendem a baixar ainda mais), seguindo o escoamento por gravidade, e assim foi feito para os três primeiros.

Para o grupo IV, localiza-se na parte frontal e lateral mais baixa do campus, não tendo como convergir naturalmente pela declividade do terreno para o local destinado a ETE (por trás do grupo III). Foi decidido juntar as vazões dessas edificações em um ponto B e através de um emissário transpor essas vazões para um ponto mais alto no grupo I, podendo assim unir as vazões do grupo IV com as demais para seguir o escoamento natural pela gravidade. Essa união de vazões e envio para ponto mais alto está ilustrado na figura 16:

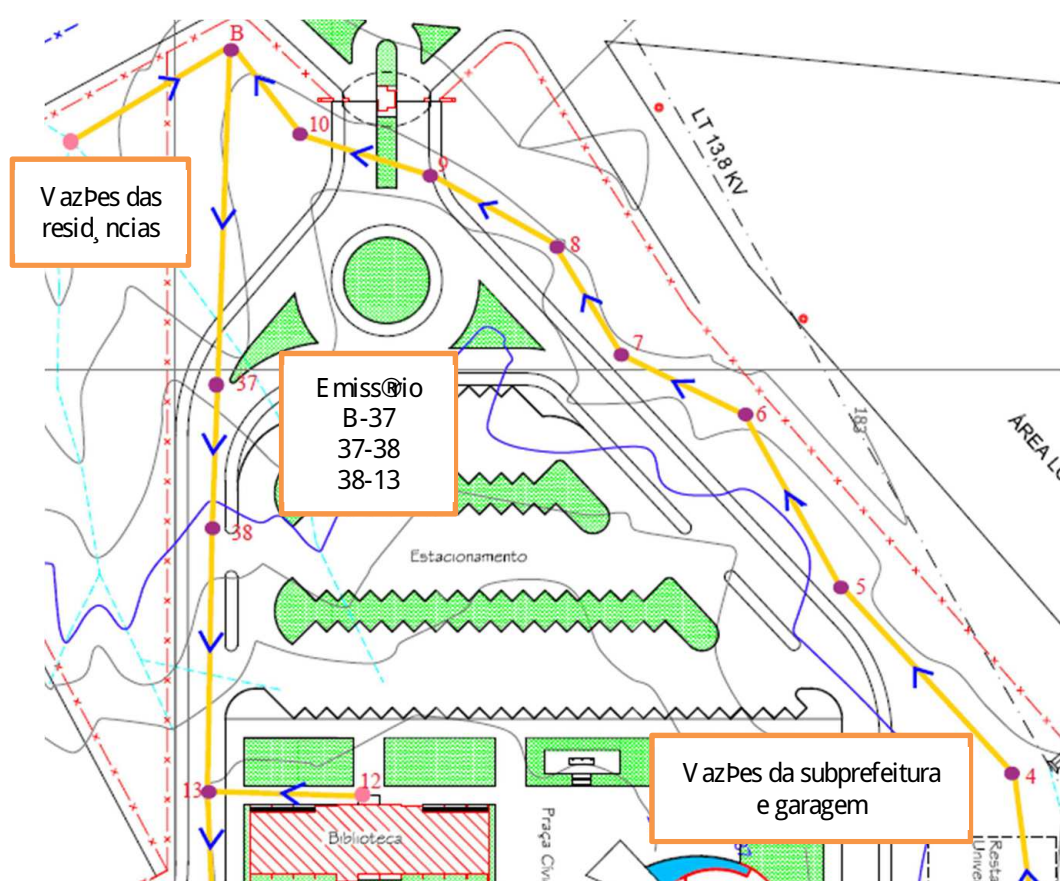


Figura 16: União de Vazões no ponto B para emissário.
Fonte: O autor (2021).

5.7 Cotas das tubulações

Para os trechos do emissário, devido   diferença de cotas dos pontos a montante e a jusante como mostrado na tabela 27 abaixo, a soluço construtiva adotada para esse trecho   a escolha de aberturas de valas maiores, que devem seguir as especifica es da NBR 12266/1992 - Projeto e execu o de valas para assentamento de tubula es de água, esgoto ou drenagem urbana. Essa soluço se sobressaiu   op o de coloca o de bomba para esgoto no ponto B por aspectos financeiros, construtivos, de opera o e manuten o do sistema em longo prazo. Acredita-se que, a op o de valas mais profundas seja uma soluço mais simples para o caso em estudo.

Tabela 27: Cota de tubula o com maior escava o requerida.

Trecho	Cota Terreno (m)		Cota Tubula�o (m)	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante
B - 37	182,8	183,6	181,9	181,1
37 - 38	183,6	185,3	182,7	181
38 - 13	185,3	188	184,4	181,7

Fonte: O autor (2021)

Como nos demais trechos o escoamento funcionou naturalmente por gravidade, não foram necessárias solu es construtivas mais especificadas. As cotas de cada trecho foram calculadas pelas equa es 08 e 09, e compõem as planilhas de c culos no anexo C e D.

5.8 Declividade dos trechos

Através das equa es 16, 17 e 18 foram calculados para cada trecho as inclina es do terreno e as inclina es mínimas e máximas para garantir o escoamento com velocidade mínima e tensão tratativa mínima de 1 Pa.

Por inten o de simplificar os processos construtivos, nos trechos onde a inclina o do terreno foi maior do que a mínima, adotou-se a inclina o do terreno. Mas, para os trechos onde a declividade do terreno foi igual   zero, adotou-se a declividade mínima calculada.

A declividade máxima foi calculada para a planilha de 2040, mas não foi utilizada, por ter atingindo uma margem muito alta, sendo mantida na planilha por termos de organiza o e complementa o.

Todos os c culos trecho por trecho estão presentes nas planilhas nos anexos C e D.

5.9 Diâmetro mínimo e DN adotados

No que diz respeito aos diâmetros das tubulações, a NBR 9646/1993 regulamenta que: "Os diâmetros a empregar devem ser os previstos nas normas e especificações brasileiras relativas aos diversos materiais, o menor não sendo inferior a DN 100". Obedecendo a esse critério, adotou-se como diâmetro mínimo o DN 150 mm, usualmente mais utilizado por maior disponibilidade de diferentes fabricantes, também por facilmente suportar possíveis aumentos excepcionais de vazão.

Através dos cálculos utilizando a equação 19 para diâmetro mínimo, todos os trechos foram satisfeitos com o DN mínimo de 150 mm, como mostrado nos anexos C e D.

5.10 Velocidade Crítica

Esse critério é fixado para garantir a funcionalidade da rede coletora de esgoto. O princípio de velocidade crítica mínima foi calculado pela equação 21, e visa garantir em tubulação um escoamento contínuo também satisfazendo a tensão máxima maior ou igual a 1 Pa, sendo fixado que a maior velocidade final permitida é de 5,0 m/s.

Para todos os trechos foi satisfeita a condição de velocidade final máxima. Oscilaram seus valores entre o intervalo maior que 1 e menor que 5 m/s, mas o maior valor foi de 2,99 m/s em 2020 e 3,11 em 2040, como mostrado nos anexos C e D.

Na planilha também foi feita a verificação das lâminas d'água. Todas passaram, como exposto em norma, com lâmina menor ou igual a 75%.

5.11 Tensão Trativa

É através do critério de tensão trativa que são tratados os outros critérios, uma vez que ele busca garantir a funcionalidade da rede coletora garantindo três aspectos: autolimpeza, controle de sulfatos e características hidráulicas. Para cada trecho foi calculada através da equação 22.

A NBR 9640 fixa que em cada trecho a tensão trativa calculada deve ser maior ou igual a 1,0 Pa. Essa foi a especificação normativa que garantiu as diferenças de DN adotados. Todos os trechos, utilizando o DN mínimo de 150mm, supriram a tensão trativa crítica maior ou igual a 1 Pa, tendo como valores mínimos 1,11 Pa para 2020 e 2040, como mostram as tabelas de cálculo em anexo C e D.

5.12 Outros acessos

Foram dispostos os pontos de visita e os terminais de limpeza de acordo com o recomendado em norma, totalizando 34 PV e 17 TL, identificados no anexo A pelas cores roxo e rosa, respectivamente.

5.13 Área apontada para ETE e possível destino final de reuso

A disposição da possível ETE foi feita por trás dos blocos de laboratórios, evitando o riacho nas proximidades. A escolha desse local se deu porque as cotas da área que compreende o CCTA tendem a diminuir no sentido desse local, além da disponibilidade de espaço. Esse efeito de diminuição de cotas também ocorre para a lateral na parte da frente (próximo à guarita), mas não existe espaço hábil para instalação da ETE, além de ser uma área de grande circulação de pessoas. O objetivo do trabalho requeria prever esse local com justificativa, as especificações corretas de dimensões, tipo de solo, tipo de tratamento, e os específicos de um projeto de ETE.

Em contato com a Subprefeitura do CCTA, relatou-se como um dos grandes agentes do alto consumo de água do campus: a irrigação. Devido o curso de Agronomia, muitos estudos e experimentos são realizados com enfoque para agricultura, e a irrigação é uma atividade necessária para desenvolvimento desse viés, além de todas as espécies que urbanizam o campus. Dessa forma, indica-se que posteriores estudos possam verificar a viabilidade de desenvolver um tratamento de esgoto para o CCTA voltado à utilização das águas de reuso nessa irrigação, gerando economia nos gastos com consumo de água.

5.14 Considerações finais de resultados

A meu ver, a maior dificuldade de estipular uma rede coletora de esgoto para a UFCG, campus de Pombal - PB está na topografia na qual o campus está inserida. A forma com que as cotas são mais altas nas edificações do "centro" (proximidade dos blocos de aulas) e vão diminuindo em direção aos laboratórios facilita o escoamento por gravidade. Mas, algumas edificações construídas na parte da frente do campus ficam em cota mais baixa, e não conseguem naturalmente seguir esse fluxo.

Essa diferença de cota é sentida normalmente pelos usuários do campus. Ao chegar na guarita é fácil perceber que as edificações da biblioteca e coordenação estão num nível mais alto, e que vai aumentando de acordo com o que se percorre adentro.

Acredito que a utilização do arquivo em PDF para o desenvolvimento do dimensionamento foi um ponto que limitou as formas de apresentação do projeto, mas

que não limitou a realização do dimensionamento. Através das ferramentas do editor foi possível realizar todo traçado, identificação dos trechos, colocação dos PV e TL e sentido do escoamento, tornando um meio de representação mais simples para leitores não habituados com CAD, mas para um projeto efetivo a execução em arquivo dwg é indispensável.

6. CONCLUSÕES

A saúde física e emocional de uma determinada população está diretamente ligada aos ambientes que se frequenta. Para um campus universitário, não seria diferente. Preza-se pela organização, limpeza, educação e despertar de uma consciência sustentável nos seus alunos. Educação está que não deve ser unicamente estimulada em aulas práticas e teóricas, mas também nas atividades diárias e funcionamento normal do campus.

Tendo em mente uma visão de expansão, a opção pela construção de uma rede coletora de esgotos para o campus da UFCG em Pombal - CCTA é justificada nas falhas presentes no atual sistema utilizado, que são fossas sépticas. São relatados por estudantes e funcionários problemas de extravasamento de vazão dessas estruturas individuais, causando desconforto visual, sanitário, além de ser um potencial proliferador de doenças para as pessoas e animais que frequentam o campus.

O presente trabalho desenvolvido buscou alinhar as características e necessidades do campus, com soluções construtivas mais práticas e econômicas. Mais de 90% dos trechos de rede coletora projetados seguiram as particularidades da topografia da área, visando garantir a maior economia possível. Em trechos onde essa solução não foi possível, analisou-se as duas possibilidades mais utilizadas nesse tipo de projeto: colocação de bomba de esgoto e adequação da topografia com abrimento de valas maiores. Acreditando na maior simplicidade do aspecto construtivo e na maior facilidade de operação do sistema - longo prazo, optou-se pela segunda alternativa.

Diante do exposto, foi possível constatar a viabilidade de construção de um sistema de rede coletora de esgoto para o campus do CCTA, com todos os critérios que são exigidos por norma, sendo satisfeitos, e com benefícios que contemplam toda comunidade universitária.

7. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: Abnt, 1993. 15 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: Abnt, 1986. 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro: Abnt, 1992. 17 p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional (Org.). SNIS: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2019
- CENSI, Guilherme et al. Relação entre o Saneamento Básico e Saúde Pública no Alto Vale do Itajaí - SC. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG - GESTÃO DE ÁGUA E MONITORAMENTO AMBIENTAL, 2., 2015, Aracaju - Se. Anais de Eventos. Ibirama - Sc: Resag, 2015. p. 1-10. Disponível em: http://www.resag.org.br/congressoresag2015/anais/img/pdfs/ID_62.pdf. Acesso em: 24 abr. 2020.
- COELHO, Jéssica Fernanda Ramos et al. Conhecendo a Estação de Tratamento de Esgotos da UFRN: Uma proposta de educação sanitária e ambiental em escolas públicas de Natal/RN., Natal/RN, nov. 2017.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO. NTS 025: Projeto de redes coletoras de esgoto. São Paulo: 2ª revisão, 2020. 33 p.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DE SÃO PAULO. NT 181: Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro - Primeira ligação.. 4 ed. São Paulo: -, 2017. 18 p.
- COMPANHIA ESTADUAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO PARANÁ: Manual de Projeto Hidrossanitário. Curitiba, Paraná Sanepar, 2019. 24 p.

FALCETTA, Filipe Antônio Marques. Sistemas de Esgoto e Drenagem de Águas Pluviais: primeira parte. Primeira parte. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~caxd/falcetta/index.php?path=Engenharia%20Civil/Saneamento%20e%20Ambiente.html>. Acesso em: 27 abr. 2020.

FERRAZ, Flaviane de Oliveira Silva Magalhães; CARVALHO, Fábio Henrique Dantas de. A Estação de Tratamento de Esgotos da UFRN como importante ferramenta de Educação Ambiental. In: 2º FÓRUM DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE - 2º FEARN, 2., 2017, Natal/rn. Anais de Eventos. Natal/rn: -, 2017. p. 1 - 4.

FONSECA, F. R.; VASCONCELOS, C. H. Análise espacial das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. Cadernos de Saúde Coletiva. 448-453. 2011.

FREIRE, Josefa Rafaela Pessoa et al. Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de Campina Grande - Estudo de caso do Canal das Piabas. Monografias Ambientais: Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria, v. 13, n. 5, p. 4034-4043, dez. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/15178/pdf>. Acesso em: 24 abr. 2020.

FREITAS, Graziela Pinto de. Proposta de Sistema de Tratamento de Efluentes do Campus Pombal/UFCG. 2016. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental/UACTA, Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, Pombal, 2016.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). Ministério da Saúde. Manual de Saneamento: 3. ed. Brasília: -, 2004. 34 p. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/capitulo_1.pdf. Acesso em: 29 abr. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000. Disponível em: <https://ibge.gov.br>. Acesso em: 24 abr.2020.

MARSALEK, Jiri. Evolution of urban drainage: from Cloaca Maxima to Environmental Sustainability. In: ACQUA E CITTÀ CONVEGNO NAZIONALE DI IDRAULICA URBANA, 1., 2005, Sant' Agnello. Anais orais. Canada: -, 2005. p. 1-22.

Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/228697808_Evolution_of_Urban_Drainage_From_Cloaca_Maxima_to_Environmental_Sustainability. Acesso em: 24 abr. 2020.

Nakagawa, Alessandra Keiko. Caracterização do Consumo de Água em Prédios Universitários: o Caso da UFBA / Alessandra Keiko Nakagawa. - Salvador, 2008. 183p.: il.color.

Netto, Azevedo, and Miguel Fernández y Fernández. Manual de hidráulica. Editora Blucher, 2018.

OMS. Organização Mundial da Saúde (org.). Guidelines on Sanitation and Health. Suíça: World Health Organization, 2018. 198 p. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/guidelines-on-sanitation-and-health/en/. Acesso em: 24 abr. 2020.

OMS (Estados Unidos). United Nations Children's Fund And World Health Organization (org.). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Estados Unidos: United Nations Children's Fund (unicef) And World Health Organization, 2019. 138 p. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/jmp-report-2019/en/. Acesso em: 24 abr. 2020

Pontes CAA. Impactos na saúde e no sistema único de saúde brasileiro decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. Proceedings of the 28th Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; 2002 Oct 27-31; Cancun, México; 2002.

RAMLOW, Adriel Zenon; SILVA, Dener Carlos da. Estudo comparativo entre os sistemas de esgotamento a vácuo e por gravidade. 2017. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3711/TCC%20POSTAGEM%20PDF%20COM%20FOTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 maio 2021

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO - SNS. Ministério do Desenvolvimento Regional (org.). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2018.

24. ed. Brasília: SNIS, 2019. 181 p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf.

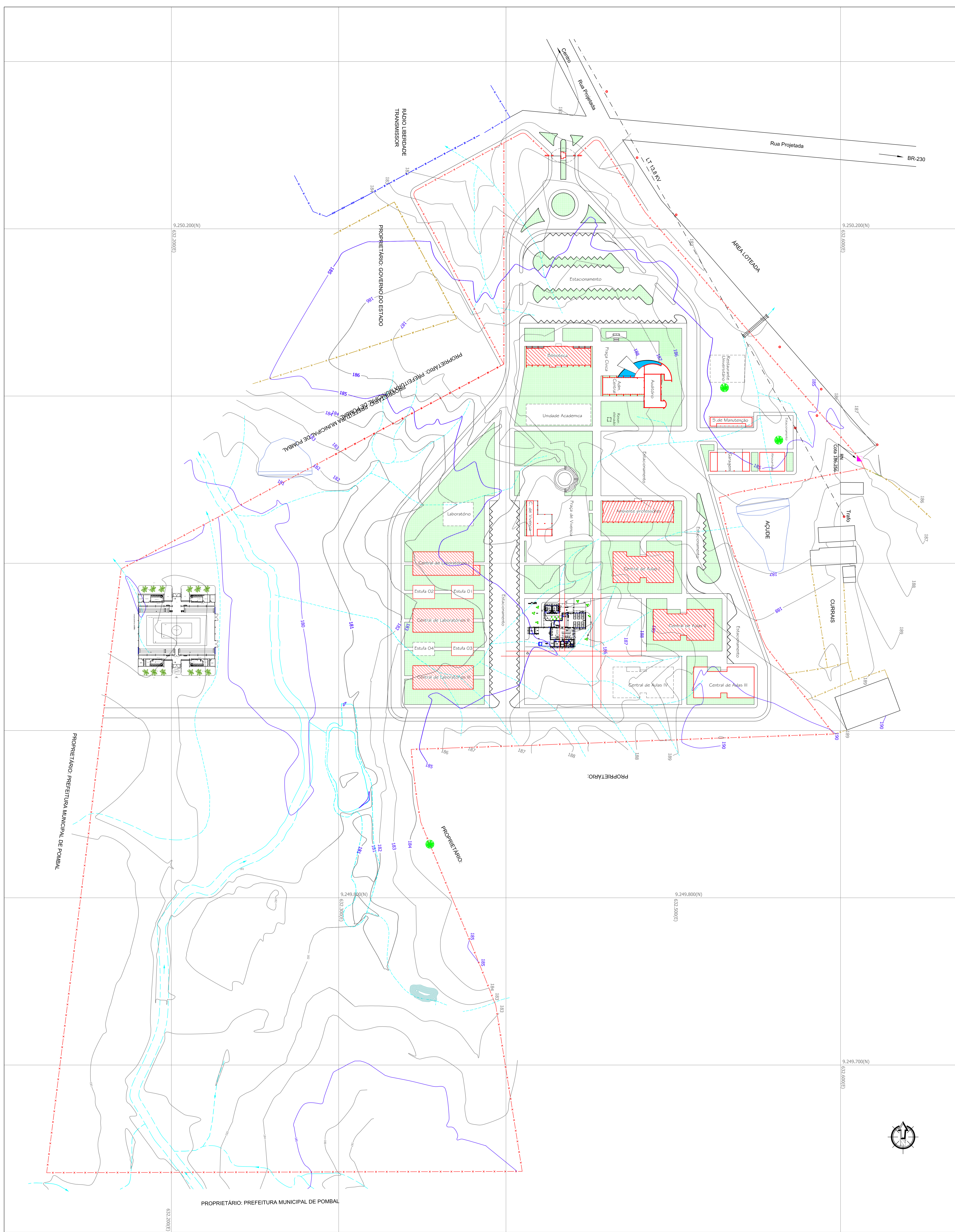
Acesso em: 29 abr. 2020.

Silva, Kátia Barbosa da. Estudo sobre o desperdício de água no campus universitário da UFCG em Pombal - PB / Kátia Barbosa da Silva. - Pombal, 2014. 76fls.

TRATA BRASIL (Brasil) (Comp.). Principais Estatísticas: Esgoto. 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>>.

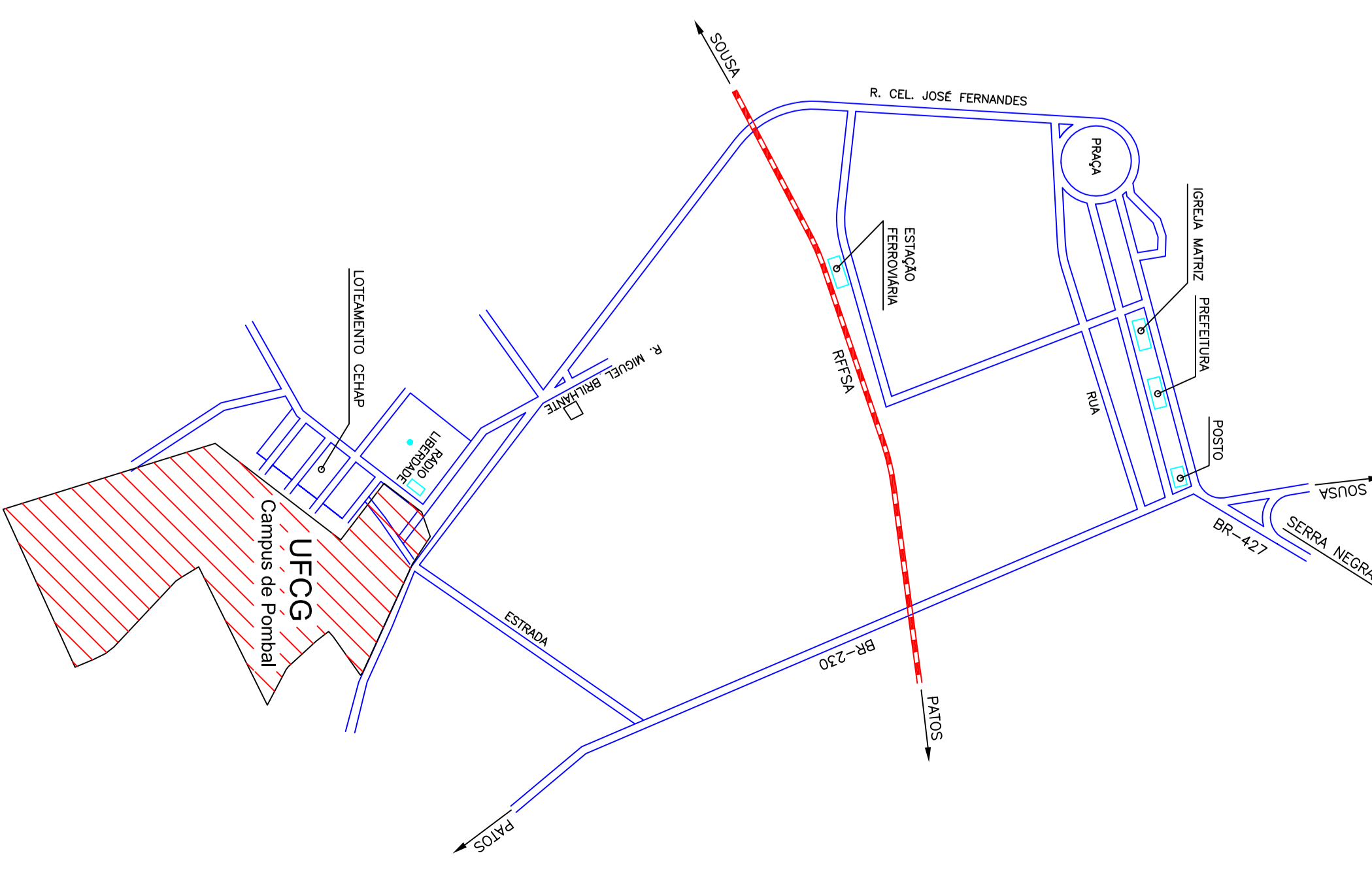
Acesso em: 20 dez. 2019.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALEM SOBRINHO, Pedro. Coleta e transporte de Esgoto Sanitário. São Paulo: -, 1999. 548 p.



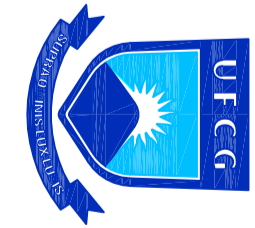
LOCALIZAÇÃO DA UFCCG - CAMPUS DE POMAL-PB

SISTEMA GERENCIADO PARALELO
COORDENADAS UTM
COM ORIENTAÇÃO NOROCCIDENTAL
APRÓSICIDAS DE 10,000 E 500 M RESPECTIVAMENTE
DATUM VERTICAL: MARÉGRÁFICO DE MARITUBA(SO)
DATUM HORIZONTAL: SÃO 89 (BRAS CHULA - MG)
FUSO DE FUSO - 59°



CONVENÇÕES:

COBRANÇAS UTM	— (632,200(E))
EMERGENÇA	— (632,800(E))
CERCA DE ALAME	— (632,300(E))
CERCA PRENCA DUA	— (632,400(E))
LINHA DE ABRA	— (632,500(E))
RIO	— (632,600(E))
POSTE	— (632,700(E))
RN - Referência de Nível	— (632,800(E))
ESTACÃO DA POLICOMUN	— (632,900(E))
CORRIGAS DE NIVEL	— (633,000(E))
ACQUA FETURAL	— (633,100(E))
VAZ PROJETADA	— (633,200(E))
ACQUA	— (633,300(E))
MARCO DIMENSIVO	— (633,400(E))
OCORRÊNCIA SOCIOUSA	— (633,500(E))
RUBRO	— (633,600(E))
REDE ELÉTRICA	— (633,700(E))
PREMIO 1 - ETIAPA	— (633,800(E))
PREMIO 2 - ETIAPA	— (633,900(E))
PREMIO 3 - ETIAPA	— (634,000(E))



UFCCG
Universidade Federal de Campina Grande
Campus de Pomal
Prefeitura Universitária

Projeto: **Urbanização**

Princípio: **PLANTA GERAL**

Escala: **1:1000**

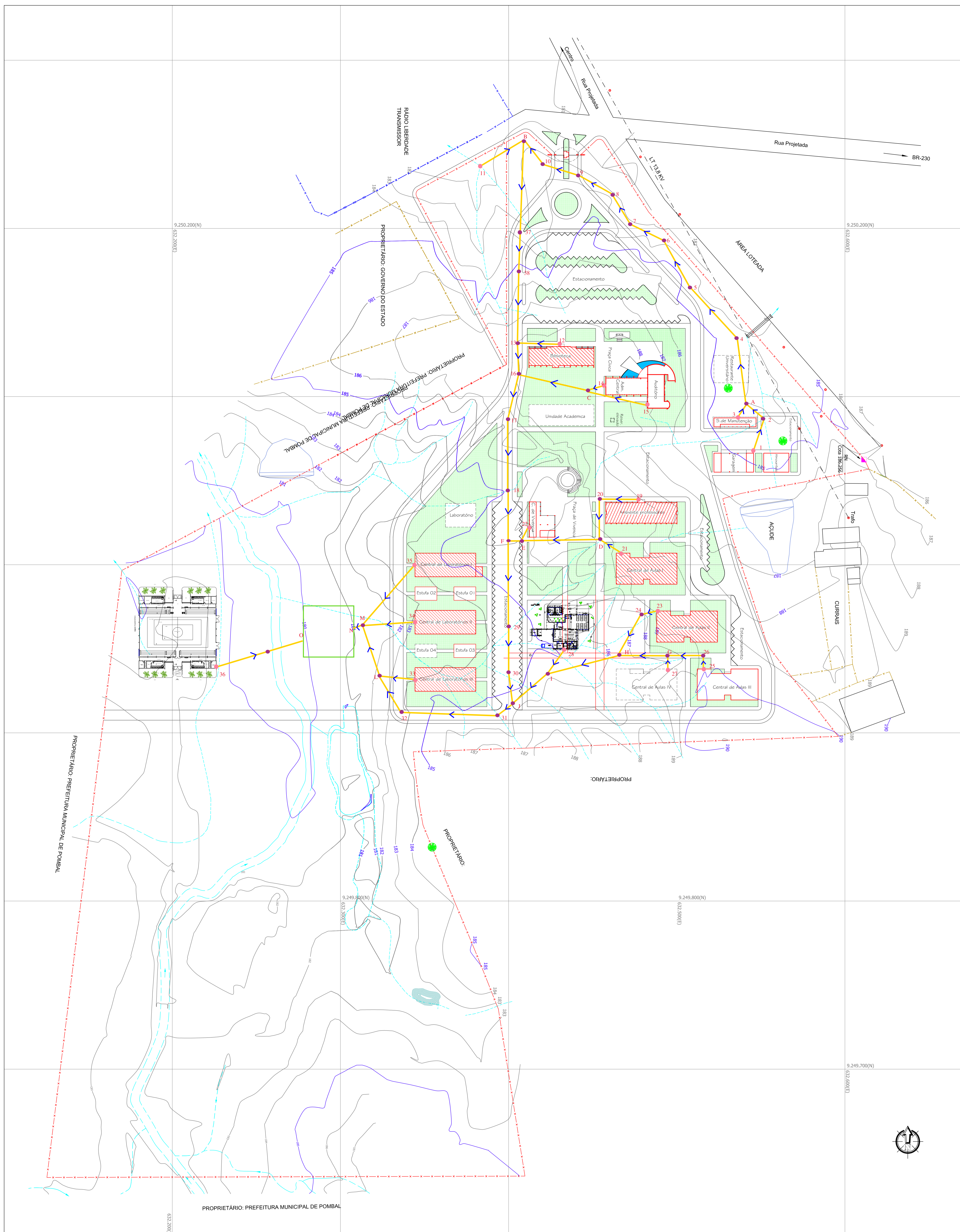
Data: **Outubro - 2008**

Informações Técnicas:

ÁREA TOTAL:	165.606,4 m²
ÁREA DE ACESSO:	8.371,79 m²
PERÍMETRO:	387,43 m

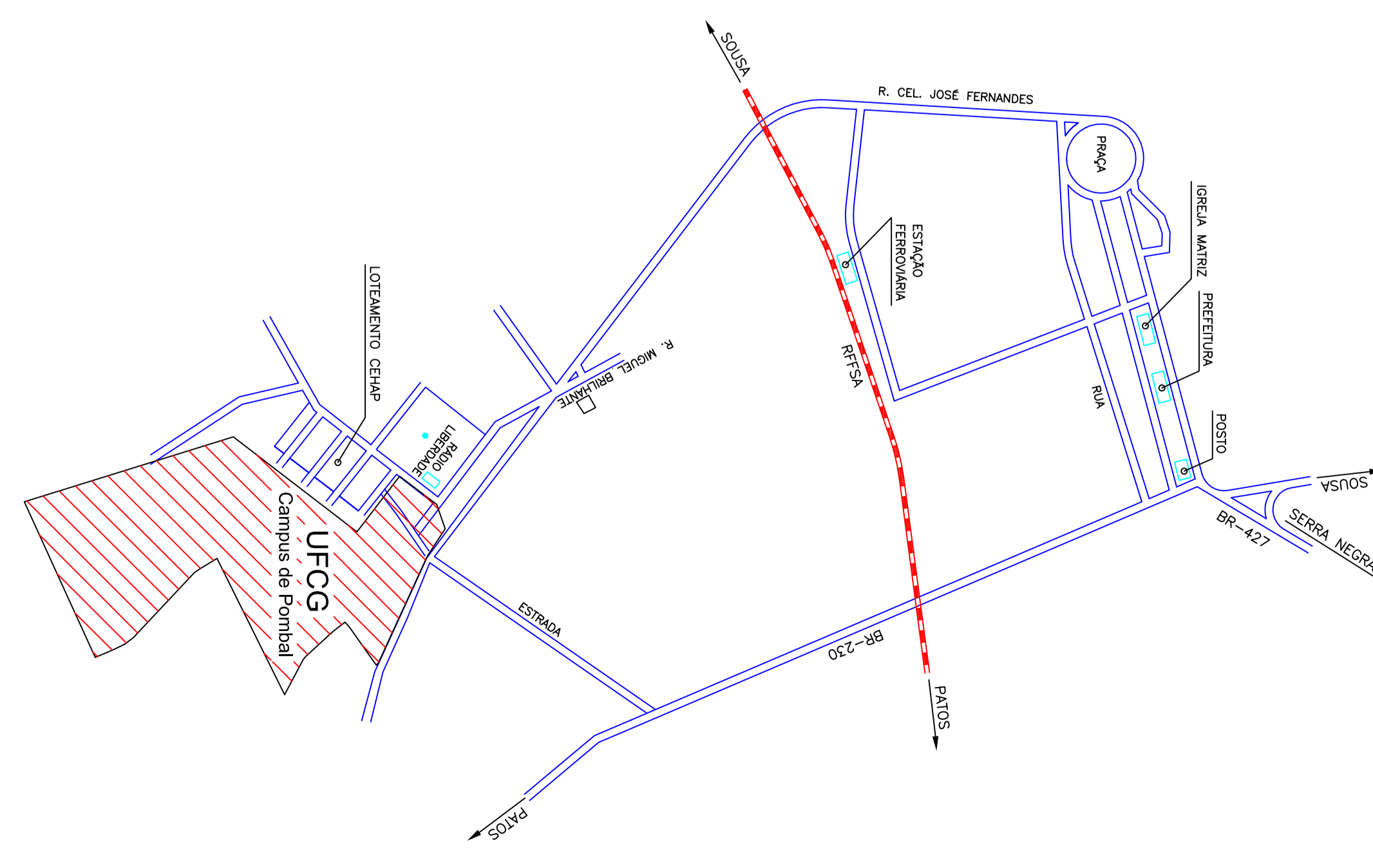
Projeto: N° **01/01**

Anexo B
Traçado da Rede Coletora de Esgoto



LOCALIZAÇÃO DA UFCG - CAMPUS DE POMAL-PB

SISTEMA GERENCIAL PARALELO
COORDENADAS UTM
COM ORIGEM NO EQUADOR E MERIDIANO 37° W (GRS)
APRÓSIO DAS DE 10.000 E 500 KM RESPECTIVAMENTE
DATUM VERTICAL: MARGEM DO DE MARITIMAS (SC)
DATUM HORIZONTAL: SAO 89 (BRAS CHIA - MG)
FUSO DE FUSO -59'



CONVENÇÕES:

- COBRADORIAS UTM
- EMERFIÇÃO
- CEGA DE ASARME
- CEGA PRINCIPAL DAUA
- LINHA DE ABADA
- RIO
- POSTE
- RN - Referência de Nível
- ESTACÃO DA POLICOMAL
- CORRIGAS DE NIVEL
- NOZ COM VENTILAD
- VAZ PROJETADA
- ACQUE
- MUNDO DIMENSIVO
- OCORRÊNCIA SOCIOUSA
- SUBITO
- REDE ELÉTRICA
- PREMIO 1 - ETAVA
- PREMIO 2 - ETAVA
- PREMIO 3 - ETAVA

UFCG
Universidade Federal de Campina Grande
Campus de Pomal
Prefeitura Universitária

Projeto:	Urbanização	Informações Técnicas:
Princípio:	PLANTA GERAL	ÁREA TOTAL: 165.000,4 m²
Escala:	1/1000	ÁREA DE ACESSO: 8.371,79 m²
		PERÍMETRO: 2.184,70 m
		PERÍMETRO: 887,43 m
		Data: Outubro - 2008

Projeto: N.º
01/01

35 - M	183,9	181,4	183	180,5	57,53		0	0,1607227	0,160723	1,5	0,043455588	0,00500086	3,54382126	0,043455588	0,04965849	150	0,0317793	0,05	0,152	0,094	0,0141	2,2314919	1,2166591	75	6,127238	
M - N	181,4	181	180,5	180,1	9,58		3,873576026	0,0267638	3,90034	3,9003399	0,041753653	0,00313105	1,86816104	0,041753653	0,07159391	150	0,0311508	0,13	0,244	0,143	0,0215	2,752323	1,5774857	75	8,956159	
36 - O	180,2	180	179,3	179,02055	55,88		0	0,1561131	0,156113	1,5	0,003579098	0,00500086	3,54382126	0,005000865	0,07448282	150	0,0107806	0,14	0,253	0,148	0,0222	2,8000271	0,5585875	75	1,110192	
				L total	1451,99																	Critério de maior velocidade e menor Tensão	3,1135578	1,5774857	-	1,110192