



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARIA NARGILA SALES COSMO

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO –
ESTUDO DE CASO EM UMA UNIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

CRATEÚS
2021

MARIA NARGILA SALES COSMO

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO – ESTUDO
DE CASO EM UMA UNIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO CEARENSE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, Campus de Crateús, como
requisito parcial à obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Tatiane Lima Batista

CRATEÚS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C865a Cosmo, Maria Nargila Sales.
Aproveitamento da água de sistemas de ar condicionado – estudo de caso em uma universidade do semiárido cearense. / Maria Nargila Sales Cosmo. – 2021.
64 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2021.
Orientação: Prof. Me. Tatiane Lima Batista .
1. : Fontes alternativas de água. 2. SPANP-C. 3. Uso de água não potável. I. Título.

CDD 620

MARIA NARGILA SALES COSMO

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO – ESTUDO
DE CASO EM UMA UNIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO CEARENSE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, Campus de Crateús, como
requisito parcial à obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Tatiane Lima Batista
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Raimunda Moreira da Franca
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Maria das Dores e José Cosmo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por ser meu guia nessa trajetória, por toda a força que me proporciona diariamente, e por me permitir concluir mais um ciclo da minha vida.

Aos meus pais, Maria das Dores e José Cosmo, pelo exemplo, pela dedicação diária, pela confiança depositada em todas as minhas escolhas, pelo amor, por acreditarem que tudo isso seria possível. Vocês são minhas referências de honestidade e trabalho duro, sem vocês nada disso seria possível.

À Professora e orientadora, Tatiane Lima, pela excelente orientação, pela paciência de me conduzir a cada passo desse trabalho nos últimos meses, pelo aprendizado repassado e pelo exemplo de professora e ser humano.

Aos coordenadores do curso de Engenharia Civil, Luís Felipe Cândido e Alan Michell Barros, por todo o esforço em proporcionar a melhor orientação aos alunos e por toda paciência em sanar as mais diversas dúvidas.

Aos professores participantes da banca examinadora Alan Michell e Raimunda Moreira pelo tempo, colaborações e sugestões para este trabalho.

Aos meus amigos da faculdade e companheiros de profissão, em especial a Amanda Jessica, Dayanne Oliveira, Gabriela Rodrigues e Felipe Sousa, por todo o apoio e momentos de descontração nas horas mais difíceis e por contribuírem com meu crescimento pessoal e profissional nessa jornada. Não conseguiria chegar onde cheguei sem vocês.

Aos meus amigos, Mailson Morão, Jefferson Macedo, Natanael Macedo e Mislândia Marques pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

Agradeço à Prefeitura da Universidade Federal do Ceará campus Crateús por todo o auxílio fornecido e pelos dados repassados. A professora Janaina Leitinho e a técnica Natana por disponibilizar o Laboratório de Química e disponibilizar o seu tempo para ajudar no entendimento dos resultados. Ao Técnico do laboratório de saneamento (Labosan) Antônio Lima Farias Filho pela realização da análise de cromatógrafo.

“Se você pode sonhar, você pode fazer.”

(Walt Disney)

RESUMO

É de conhecimento geral que a água é um recurso natural essencial para a existência de vida na Terra. Em decorrência da distribuição irregular dos recursos hídricos, assim como do acelerado crescimento de consumo, a utilização de fontes alternativas de água para usos menos nobres em edificações torna-se uma importante prática na busca da sustentabilidade hídrica. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo geral estudar a viabilidade do aproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado instalados em uma universidade do semiárido nordestino. Para isso, foi feito um estudo de caso no campus da Universidade Federal do Ceará (UFC) em Crateús seguindo as seguintes etapas metodológicas: estimativa da vazão de água gerada pelos aparelhos de ar condicionado; dimensionamento do sistema de coleta e armazenamento; análise do impacto do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado no índice de consumo da instituição, bem como sua qualidade físico-química, viabilidade técnica e econômica do sistema de coleta e armazenamento e, ainda, os usos para os quais esse tipo de água seria adequado. As principais normas observadas para realização deste trabalho foram: a NBR 16783 (2019) – Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações e a NBR 16782 (2019) – Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes. A partir dos resultados obtidos foi constatado que a qualidade da água, dentro dos parâmetros analisados, foi considerada adequada para os usos em irrigação e limpeza. Concluiu-se que seriam necessários 5 sistemas do tipo SPANP-C (Sistema Predial de Água Não Potável - Clara), devido às disposições dos aparelhos de ar condicionado e que os mesmos teriam capacidade de captar 8.189 L de água mensalmente. Os custos de implantação dos sistemas, incluindo mão de obra e materiais utilizados, foram estimados em R\$ 5.018,60, com período de retorno do investimento de aproximadamente 4,3 anos. Portanto, evidencia-se que o aproveitamento da água de aparelhos de ar condicionado constitui-se uma alternativa viável e segura de aproveitamento para fins não potáveis, gerando benefícios não somente financeiros, mas, sobretudo, socioambientais.

Palavras-chave: Fontes alternativas de água. SPANP-C. Uso de água não potável.

ABSTRACT

It is common knowledge that water is a natural resource essential to the existence of life on Earth. Due to the irregular distribution of water resources, as well as the accelerated growth of consumption, the use of alternative sources of water for less noble uses in buildings becomes an important practice in the search for water sustainability. In this context, the present work had as a general objective to study the feasibility of using water from air conditioners installed in a university in the Northeastern Brazil. For this, a case study was carried out at the campus of the Universidade Federal do Ceará (UFC) in Crateús, following the following methodological steps: estimation of the water flow generated by air conditioners; sizing of the collection and storage system; analysis of the impact of using water from air conditioners on the institution's consumption rate, as well as its physical-chemical quality, technical and economic feasibility of the collection and storage system and, also, the uses for which this type of water would be appropriate. The main standards observed for this work were: NBR 16783 (2019) - Use of alternative sources of non-potable water in buildings and NBR 16782 (2019) - Water conservation in buildings - Requirements, procedures and guidelines. From the results obtained, it was found that the water quality, within the parameters analyzed, was considered adequate for irrigation and cleaning uses. It was concluded that 5 systems of the SPANP-C type (Non-drinking Water Building System - Clear) would be necessary, due to the provisions of the air conditioners, and that they would have the capacity to capture 8,189 L of water monthly. The costs of implementing the systems, including labor and materials used, were estimated at R\$ 5,018.60, with a payback period of approximately 4.3 years. Therefore, it is evident that the use of water from air conditioners is a viable and safe alternative for non-potable purposes, generating benefits not only financial but, above all, socio-environmental.

Keywords: Alternative Water Sources. SPANP-C. Non-potable water use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas prediais de água não potável com diferentes fontes e usos no edifício.	24
Figura 2 - Princípio de funcionamento de um aparelho de ar condicionado.	26
Figura 3 - Diagrama do sistema de condensação de água na serpentina.	27
Figura 4 - Guia de instalação do dreno para aparelhos do tipo split.	28
Figura 5 - Fluxograma do método de pesquisa.	31
Figura 6 - Localização Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús.	32
Figura 7 - Ligação do Arduino com o sensor de fluxo de água (1/2 polegada).	34
Figura 8 - Esquema para aquisição dos dados.	35
Figura 9 - Coleta de água dos aparelhos 1 e 2.	41
Figura 10 - Análise do PH.	45
Figura 11 - Código utilizado em sistema de monitoramento de fluxo de água em l/s.	46
Figura 12 - Sistema para aquisição de dados.	47
Figura 13 - Esquema de drenagem atual.	50
Figura 14 - Detalhe do esquema de drenagem atual.	50
Figura 15 - Esquema de drenagem com intervenção.	51
Figura 16 - Detalhe do esquema de drenagem com intervenção.	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento da vazão referente a variação da umidade relativa do ar.	44
Gráfico 2 - Porcentagem do volume de água gerado por todos os aparelhos de ar condicionado em relação à sua respectiva utilização.	48
Gráfico 3 - Consumo de água mensal em 2019.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de aparelhos e suas potências médias de refrigeração.	40
Tabela 2 - Quantidade de aparelhos por tipos de salas.....	40
Tabela 3 - Especificações dos aparelhos utilizados.....	41
Tabela 4 - Vazão média das amostras coletadas nos aparelhos 1 e 2.....	42
Tabela 5 - Vazão média das amostras coletadas nos aparelhos 3 e 4.....	42
Tabela 6 - Parâmetros analisados.	45
Tabela 7 - Informações sobre os sistemas de armazenamento.	52
Tabela 8 - Vazões no pior segmento de cada sistema.	52
Tabela 9 - Descrição e orçamento dos materiais necessários para a execução.	53
Tabela 10 - Valor da mão de obra.	53
Tabela 11 - Estrutura tarifária CAGECE.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fontes de água não potável contempladas pela ABNT NBR 16.782:2019.	23
Quadro 2 - Parâmetros de qualidade para uso da água não potável.	29
Quadro 3 - Frequências de amostragem.	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
BTU	British Thermal Unit - Unidade Térmica Britânica
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
COVID -19	Coronavírus - 2019
DTIC	Diretoria de Tecnologia da Informação e Comunicação
h	Hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L	Litro
m	Metro
mm	Milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PVC	Policloreto De Vinila
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura
SPANP	Sistema Predial de Água Não Potável
UFC	Universidade Federal do Ceará
Und	Unidade

LISTA DE VARIÁVEIS

Q_m	Vazão mensal
Q_h	Vazão horária
T	Tempo de funcionamento diário
D	Dias de expediente
N	Quantidade de aparelhos
I_c	Índice de consumo
C_m	Consumo médio mensal
NA	Número de agentes consumidores
D_m	Dias úteis por mês
E_c	Economia anual
V_c	Volume captado pelos sistemas
T_s	Tarifa do Sistema de água e esgoto
Q	Vazão de projeto
S	Área da seção molhada
n	Coefficiente de rugosidade
R	Raio hidráulico
P	Perímetro molhado
i	Declividade do tubo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Contextualização	18
1.2	Questão de pesquisa	19
1.3	Objetivos.....	19
1.4	Justificativa	20
1.5	Delimitação do estudo	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Sistemas Prediais de Água Não Potável.....	22
2.2	Sistemas de ar condicionado.....	25
2.3	Qualidade da água.....	28
3	MÉTODO DE PESQUISA	31
3.1	Área de estudo.....	31
3.2	Quantificação da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado	33
3.3	Análise da qualidade da água.....	33
3.4	Cálculo da demanda de água para diferentes usos na UFC	34
3.4.1	<i>Cálculo da demanda de água para irrigação</i>	34
3.4.2	<i>Cálculo da demanda de água para limpeza</i>	36
3.5	Cálculo do índice de consumo da Universidade	36
3.6	Dimensionamento do sistema de coleta e reservação	37
3.7	Análise de viabilidade	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	Quantificação da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado	40
4.2	Análise da qualidade da água.....	44
4.3	Cálculo da demanda de água para irrigação e limpeza na UFC.....	46
4.4	Cálculo do índice de consumo da universidade	48
4.5	Dimensionamento do sistema de coleta e armazenamento	50
4.6	Análise de viabilidade	53
5	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE A - PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)	60
	APÊNDICE B - SISTEMA 1 – BLOCO ADMINISTRATIVO	61
	APÊNDICE C - SISTEMAS DO BLOCO EDUCACIONAL PAV.TERREO ..	62

APÊNDICE D - SISTEMAS DO BLOCO EDUCACIONAL PAV.SUPERIOR	
.....	63
ANEXO A - ANÁLISE DE CROMATÓGRAFO.....	64

1 INTRODUÇÃO

Esta seção apresenta o contexto e o problema de pesquisa, bem como o objetivo, a justificativa, a delimitação e a estrutura do estudo.

1.1 Contextualização

A água é um recurso natural essencial para a existência de vida na terra, visto que está presente desde a composição do corpo até as atividades cotidianas, como higiene pessoal e domiciliar, processos industriais, irrigação agrícola e na geração de energia. Segundo Jardim e Bursztyn (2015), a água tem se tornado um recurso estratégico em função dos interesses vitais, econômicos e geopolíticos. Além disso, o aumento da degradação ambiental juntamente com a crescente demanda hídrica para diferentes finalidades têm feito com que as políticas públicas sejam repensadas, em especial as que se referem à gestão ambiental. Sendo assim, reforça-se a importância das políticas e dos sistemas de gestão integrada de recursos hídricos com o objetivo de promover a sustentabilidade nos âmbitos social, econômico e ambiental.

Segundo a Agência Nacional das Águas - ANA (2018), estima-se que 97,5% da água existente no planeta é salgada, encontrando-se principalmente nos oceanos, no entanto, esta não é adequada ao consumo humano direto e nem na irrigação de plantações. Dos 2,5% de água doce remanescentes, 99% desse volume está em locais de difícil acesso, 69% nas geleiras e 30% armazenadas em aquíferos, restando apenas 1% em locais acessíveis como rios e lagos, o que corresponde a 0,025% do volume total de água na terra.

O Brasil possui a maior reserva mundial de água doce, com cerca de 12% do montante total, o que não necessariamente isenta o país de sofrer com a falta desse importante recurso natural. Uma das grandes questões referentes à problemática da água no Brasil está relacionada com a localização geográfica da disponibilidade desse elemento, já que a distribuição da água é naturalmente desigual, de modo que justamente as áreas menos povoadas do país é que concentram a maior parte dos recursos hídricos. De acordo com ANA (2017) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), a região Norte do país possui uma densidade demográfica de 4,12 habitantes para cada quilômetro quadrado e dispõem de 68,5% dos recursos hídricos, enquanto que a região Nordeste possui 34,15 habitantes para cada quilômetro quadrado e dispõem de 3,3% das águas nacionais.

O crescimento populacional, a expansão industrial e as mudanças climáticas, as quais alteram o regime de distribuição das chuvas, somados à negligência da população quanto à preservação e economia da água, são fatores responsáveis pelo agravamento do problema de escassez dos recursos hídricos propícios para o consumo humano. Dessa forma, Gonçalves (2006) afirma que o uso de fontes alternativas de suprimento para o abastecimento dos pontos de consumo de água não potável é uma importante prática na busca da sustentabilidade hídrica.

Na prática da reutilização de recursos, Rigotti (2014) ressalta a imensidão de meios que podem ser trabalhados no intuito de diminuir o consumo desenfreado da água, cada um tendo a sua particularidade de uso específico. Diante disso, pode-se citar o aproveitamento da água de aparelhos de ar condicionado para atividades de limpeza e irrigação de plantios, gerando benefícios ambientais e financeiros.

Vários trabalhos como os de Cunha *et al.* (2015), Rodrigues (2019) e Santos *et al.* (2019) mostram que a água proveniente dos aparelhos de ar condicionado constitui-se de uma fonte viável e segura de reuso direto para fins não potáveis, já que sua qualidade foi considerada adequada para o uso previsto, além de trazer economia relacionada à redução do consumo de água potável proveniente da companhia de abastecimento.

1.2 Questão de pesquisa

A partir do contexto apresentado questiona-se:

- A qualidade da água proveniente dos aparelhos de ar condicionado do campus da UFC em Crateús é adequada para quais usos?
- É viável implementar um sistema de aproveitamento de água dos aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis na UFC Crateús?
- Qual seria o impacto do aproveitamento da água de todos os aparelhos de ar condicionado no índice de consumo da universidade?

1.3 Objetivos

A partir do questionamento exposto, traçou-se como objetivo geral:

- Estudar a viabilidade do aproveitamento de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado instalados em uma universidade do semiárido nordestino.

Especificamente pretende-se:

- a) Estimar a vazão de água gerada pelos aparelhos de ar condicionado;
- b) Avaliar a qualidade da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado;
- c) Analisar os usos para os quais a água dos aparelhos de ar condicionado é adequada;
- d) Analisar o impacto do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado no índice de consumo da instituição;
- e) Dimensionar o sistema de coleta e armazenamento;
- f) Analisar a viabilidade técnica e econômica da proposta.

1.4 Justificativa

Como motivação para realização deste trabalho pode-se citar, inicialmente, a legislação existente, que envolve políticas e programas objetivando o aproveitamento de água advindas de fontes alternativas e estímulo a práticas sustentáveis relacionadas ao uso e reúso devido e consciente da água. Um exemplo disso é a Lei nº 16.603 de 11 de julho de 2018, que dispõe sobre o aproveitamento da água proveniente de aparelhos de ar condicionado no estado do Ceará, assim como também a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), um programa do Ministério do Meio Ambiente que têm como um de seus objetivos fomentar nas instituições públicas nacionais o desenvolvimento de projetos que visem trabalhar de modo sustentável, acarretando em benefícios socioambientais. (MMA,2018).

Com isso, uma vez que a Universidade possui potencial de gerar projetos e instigar ações que girem em torno de problemas sociais que afetam a população, ela tem papel fundamental na estimulação de trabalhos sustentáveis.

Sendo assim, a Universidade Federal do Ceará (UFC) Campus Crateús, como instituição de ensino pública e detentora de uma grande quantidade de aparelhos de condensação de ar, torna-se um potencial local para implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas dos mesmos. Além disso, o desenvolvimento deste trabalho torna-se ainda mais necessário, uma vez que a UFC/Crateús está localizada em uma região de clima semiárido, que apresenta em seu quadro problemas frequentes relacionados à escassez de água.

1.5 Delimitação do estudo

O estudo se limita a uma proposta de modelo de aproveitamento de águas provenientes de aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis na Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, analisando o potencial de economia e qualidade da água resultante da utilização desse sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão expostos os conhecimentos essenciais para a execução deste estudo, sendo: Sistemas prediais de água não potável, Sistemas de ar-condicionado e Qualidade da água.

2.1 Sistemas Prediais de Água Não Potável

A NBR 16783 (ABNT, 2019, p.2), define água não potável como a “água cujas características não estão de acordo com o padrão de potabilidade estabelecido em legislação vigente.” Atualmente, o padrão de potabilidade é estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017, no seu anexo XX (Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade).

Segundo Sant’Ana e Medeiros (2017), Sistema predial de água não potável (SPANP) são instalações hidrossanitárias que fazem uso de fontes alternativas de água para abastecimento distinto em usos não potáveis, um sistema descentralizado de abastecimento capaz de promover conservação da água em edificações.

A NBR 16782 (ABNT, 2019) define conservação da água como uma série de ações que trabalham com a gestão da demanda e com a gestão da oferta de água. A gestão da demanda tem o objetivo de otimizar o funcionamento do sistema predial, reduzindo o consumo de água. Já a gestão da oferta tem o objetivo de promover o uso de fontes alternativas de água para finalidades menos nobres, o que pode gerar reduções consideráveis na demanda de água potável a nível municipal.

São fontes de água não potável: a água residuária, pluvial, subterrânea e a água clara. Após serem submetidas ao tratamento, podem ser utilizadas em várias atividades que não exigem um padrão de potabilidade de água mais rígida. (MARQUES; OLIVEIRA, 2014).

O Quadro 1 descreve as fontes alternativas de água não potável consideradas na norma ABNT NBR 16783:2019 – Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações.

Quadro 1 - Fontes de água não potável contempladas pela ABNT NBR 16.782:2019.

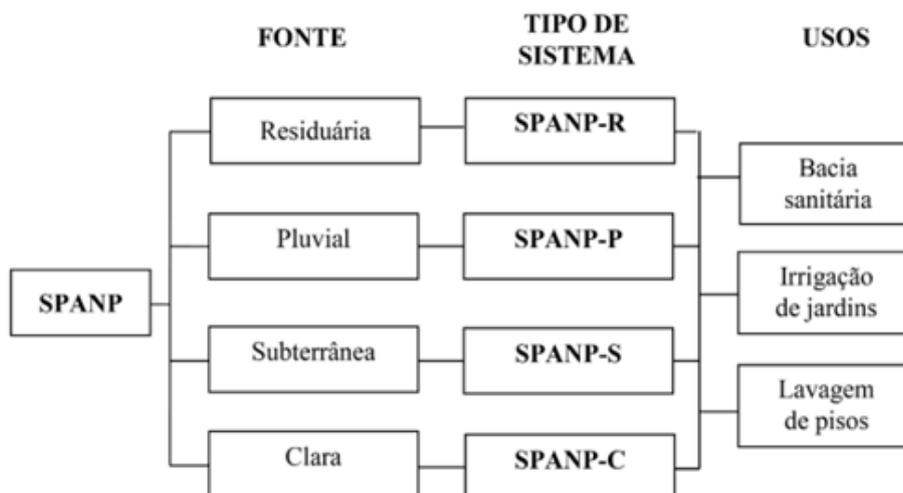
ÁGUA (DE)	ORIGEM	OBSERVAÇÃO
Chuva	Precipitação que escoar sobre superfícies não transitadas	Abordada pela ABNT NBR 15527 (ver item 3)
Pluvial	Precipitação que escoar sobre superfícies transitadas	Se coletada junto com água de chuva, a mistura é considerada água pluvial
Rebaixamento do lençol freático	Dreno de solos	
Clara	Condensado de sistemas de resfriamento, efluentes de sistemas de vapor e destilação	
Cinza clara	Chuveiro, banheira, lavatório (pia de banheiro), tanque e máquina lava-roupa	
Cinza escura	Pia de cozinha e máquina lava-louça	Em geral coletada junto com água cinza clara. A mistura é considerada água cinza escura
Negra	Vasos sanitários e mictórios	Em geral coletada junto com água cinza (clara ou escura). A mistura é considerada água negra
Esgoto sanitário	Toda água sanitária proveniente dos metais hidrossanitários da edificação	

Fonte: CBIC (2019)

Ainda, Marques e Oliveira (2014) afirmam que o efluente gerado após o uso da água em edificações é intitulada água servida ou água residuária, a mesma pode ser dividida em água negra e água cinza.

Na Figura 1, são apresentados os tipos de SPANP segundo a fonte geradora e possíveis aplicações em edifícios residenciais e comerciais;

Figura 1 - Sistemas prediais de água não potável com diferentes fontes e usos no edifício.



Fonte: Oliveira e Marques (2014).

De acordo com a Figura 1, podem ser destacados quatro tipos de SPANP: Sistema predial de água não potável – residuária (SPANP-R); Sistema predial de água não potável - pluvial (SPANP-P); Sistema predial de água não potável - subterrânea (SPANP-S) e Sistema predial de água não potável - clara (SPANP-C). Segundo os autores, cada um destes sistemas prediais possui um conjunto de tubulações, reservatórios e equipamentos que visam coletar e armazenar suas fontes principais de água, com intuito de tratá-las e distribuí-las posteriormente.

O SPANP-R possui a água residuária como sua fonte principal e objetiva reduzir, tanto a demanda de água potável quanto o volume de efluente para a rede de esgoto sanitário pela coleta da água cinza ou negra. Já o SPANP-P coleta a água pluvial, e busca mitigar o consumo de água potável da rede de distribuição e amortecer as vazões no sistema de drenagem urbana. Por fim, o SPANP-S e o SPANP-C têm o intuito de reduzir, nas redes pública e privada, a demanda de água potável, tendo como principal fonte de água, respectivamente, a água subterrânea e a água gerada por sistemas de resfriamento. Dessa forma, este estudo propõe-se a trabalhar com um SPANP – C.

Atualmente é observado um crescimento de iniciativas independentes para a implantação de sistemas prediais de água não potável em edifícios residenciais e comerciais. Essas iniciativas contam com pouca assistência técnica normativa ou legislação que orientem projetistas, executores e gestores sobre as práticas adequadas de implantação, operação e manutenção desses sistemas, o que pode colocar em risco a saúde dos usuários e o sucesso dessa tecnologia (CASTILHO; OLIVEIRA, 2018). Diante disso, destaca-se a importância das recentes normas de conservação da água e fontes alternativas citadas anteriormente como

ferramenta para direcionamento de futuros projetos de SPANP e outras iniciativas relacionadas à promoção da conservação da água nas edificações.

2.2 Sistemas de ar condicionado

Para analisar e colocar em prática técnicas para o aproveitamento da água proveniente de aparelhos de ar condicionado, deve-se primeiro entender como é o funcionamento dos mesmos, para compreensão das reações que possibilitam o resfriamento do ar, e também como a água é gerada e descartada.

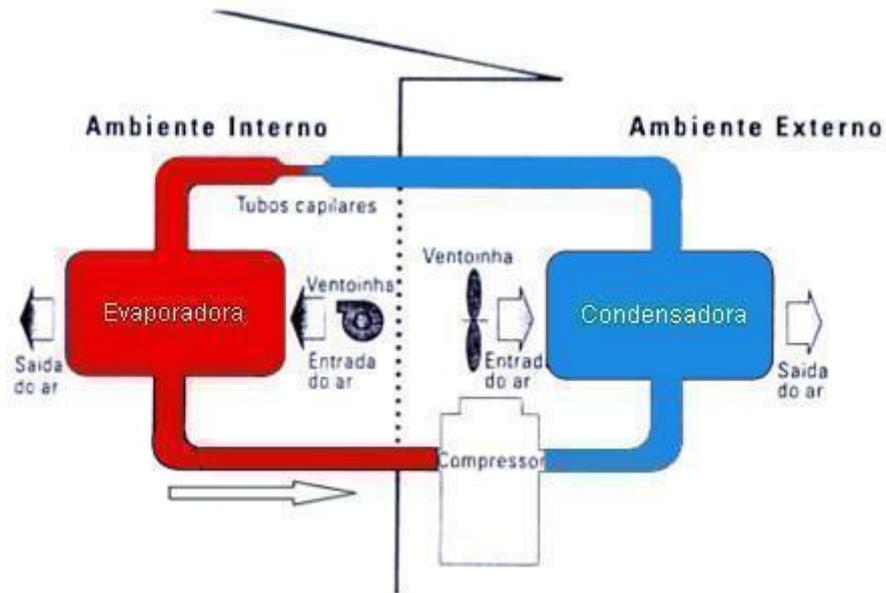
De acordo com os autores Stoecker e Jones (1985) e Gonçalves (2005), ar condicionado é definido como o processo de condicionamento de ar objetivando o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar conforto térmico aos ocupantes do ambiente condicionado.

Apesar da variedade de equipamentos condicionadores de ares, o princípio do sistema de refrigeração de expansão direta segue o mesmo modelo, onde a refrigeração se dá basicamente por meio de um fluido refrigerante.

Fortes, Jardim e Fernandes (2015) ressaltam que ao se alcançar a temperatura desejada no ambiente, sensores presentes no evaporador (termostato) detectam e transmitem o comando para que o compressor (responsável pela circulação do gás refrigerante por dentro do sistema.) seja desligado, mantendo, apenas, a ventilação do condicionador de ar. O aparelho, mesmo após o desligamento do compressor, consegue manter a temperatura do ambiente por determinado intervalo de tempo. Qualquer alteração em sua temperatura faz com que o compressor seja novamente ligado, resfriando novamente até a temperatura desejada.

O sistema de ar condicionado possui quatro componentes principais sendo esses: compressor, condensador, evaporador e motor ventilador, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Princípio de funcionamento de um aparelho de ar condicionado.



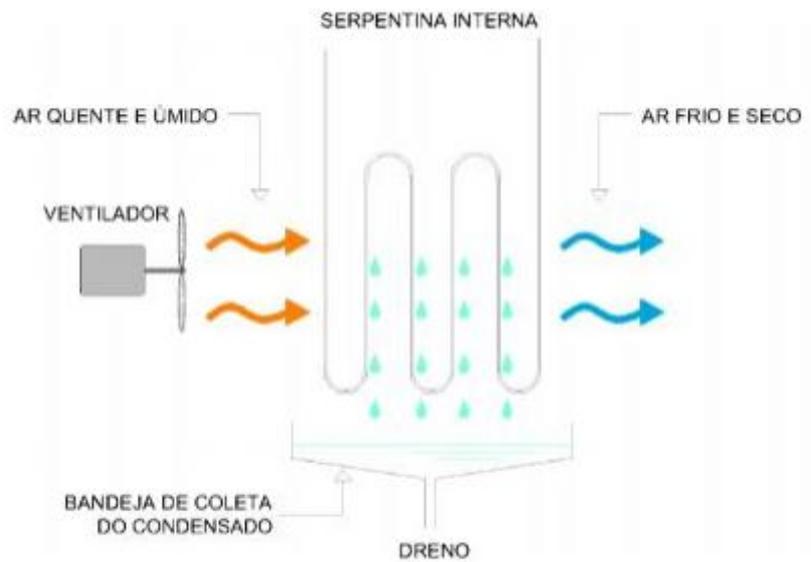
Fonte: Antonovicz e Weber (2013).

De acordo com Antonovicz e Weber (2013) e Araújo (2011), o ar do ambiente é sugado por um ventilador e atravessa um evaporador, passando em volta de uma serpentina cheia de fluido refrigerante, substância refrigerada à temperatura de 7°C e em estado líquido (em vermelho na Figura 2). Em contato com a serpentina gelada o ar se resfria e volta para o ambiente. Ao absorver o calor do ar, o fluido muda de estado dentro da serpentina e vira gás, que posteriormente entra em um compressor elétrico. Essa peça que produz o barulho do aparelho, comprime o gás até que, sob alta pressão, ele vira um gás quente, a 52°C (em azul na Figura 2).

Esse gás entra numa outra serpentina, do lado de fora do aparelho, chamado condensador. Mais quente que o ambiente externo, o fluido refrigerante se resfria um pouco. Com isso, ele volta a ser líquido mesmo antes de chegar aos 7°C , visto que o gás está sob alta pressão. Um outro ventilador sopra o ar quente que sobrou para a rua. O fluido refrigerante (em estado líquido por causa da alta pressão) entra numa válvula de expansão, espécie de orifício onde o líquido perde pressão rapidamente e se esfria até 7°C , que o mantém em estado líquido. A partir daí, o ciclo recomeça.

A água que goteja do aparelho é derivada da umidade do ar, condensada pelo ar condicionado quando este resfria o ar do ambiente interno. Esta água é direcionada para o sistema de drenagem e conseqüentemente para o ambiente externo, como mostra a Figura 3.

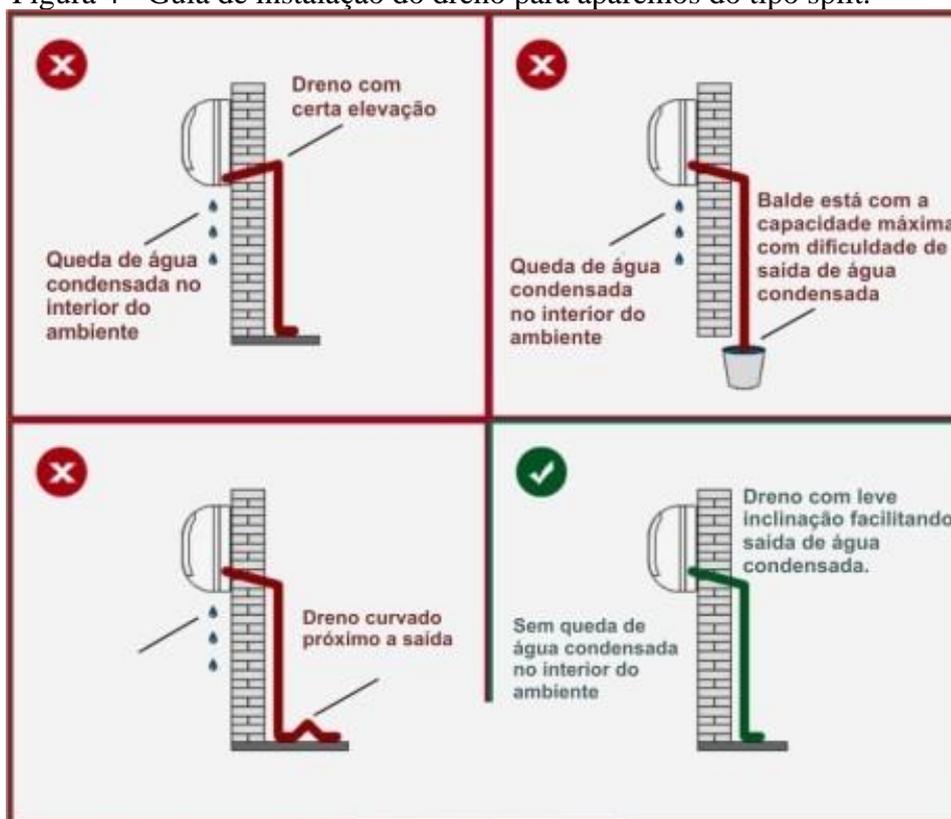
Figura 3 - Diagrama do sistema de condensação de água na serpentina.



Fonte: Bastos e Calmon (2013).

O sistema de drenagem tem como função levar a água para o ambiente externo por meio de dutos que devem ser devidamente instalados, caso contrário, o sistema pode funcionar de maneira errada e ao invés de ser expelida para o ambiente externo, a água poderá gotejar dentro do ambiente, causando sérios danos ao aparelho. A Figura 4 mostra o dreno do aparelho de ar condicionado e seu modo correto de instalação.

Figura 4 - Guia de instalação do dreno para aparelhos do tipo split.



Fonte: Web Ar-condicionado (2014).

Existem diversas maneiras de classificar os condicionadores de ar existentes no mercado: Quanto à capacidade, os aparelhos podem ser de pequeno, médio ou grande porte e quanto à utilização, eles podem ser do tipo residencial, comercial, hospitalar, industrial ou automotivo. Os principais tipos de condicionadores existentes no mercado atualmente são os ar-condicionados do tipo janela e os modelos do tipo Split. Os aparelhos do tipo split contêm diversas variações, podendo ser Split Hi-Wall, Split Cassete, Split Piso-teto ou Split Built in.

2.3 Qualidade da água

A NBR 16783 (ABNT, 2019) estabelece requisitos para o uso alternativo de água não potável em edificações, também define parâmetros de qualidade da água para que a água não potável possa ser utilizada nos seguintes usos:

- descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento;
- lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas;
- lavagem de veículos;
- irrigação para fins paisagísticos;

- e) uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos);
- f) sistemas de resfriamento de água;
- g) arrefecimento de telhados.

A qualidade da água originada dos aparelhos de ar condicionado está diretamente ligada ao ambiente em que se encontram. De acordo com Rodrigues (2019), os poluentes encontrados no ar podem causar danos aos materiais metálicos causando, conseqüentemente, a corrosão do mesmo e ainda a formação de incrustações. Essa característica corrosiva da água depende de diversos parâmetros físico-químicos que potencializam o poder corrosivo da mesma, propiciando a ocorrência de reações eletroquímicas e contribuindo na formação de sais insolúveis.

Conforme a NBR 16783 (ABNT, 2019) a água deve reunir requisitos que atendam às exigências de qualidade da água (Quadro 2), para que a água não potável seja classificada como apta aos usos previstos. Também deve-se considerar outros parâmetros de qualidade em função dos materiais e equipamentos de acordo com a orientação do fabricante.

Quadro 2 - Parâmetros de qualidade para uso da água não potável.

Parâmetros	Limite
pH	6,0 a 9,0
E. Coli	$\leq 200\text{NMP}/100\text{mL}$
Turbidez	$\leq 5\text{ UT}$
Demanda bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	$\leq 20\text{ mgO}_2/\text{L}$
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5mg/L – Máximo de 5,0 mg/L Recomendável 0,5mg/L – Máximo de 2,0 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou condutividade elétrica (a)	$\leq 2000\text{ mg/L}$ ou $\leq 3\ 200\ \mu\text{S/cm}$
Carbono orgânico total (COT)(b)	$< 4\text{ mg/L}$
(a) Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais. Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais;	
(b) Somente para água de rebaixamento de lençol freático.	

Fonte: ABNT NBR 16783 (2019).

Os parâmetros de qualidade da água não potável devem ser monitorados periodicamente, buscando-se assegurar a segurança sanitária de todos os usuários. No Quadro 3 é definida a frequência mínima de amostragem para os parâmetros de qualidade de água já estabelecidos, conforme o perfil de ocupação da edificação.

Quadro 3 - Frequências de amostragem.

Parâmetros	Frequência de amostragem Edificação unifamiliar/ individual	Frequência de amostragem Edificação multifamiliar/ coletiva
pH	Semanal	Diária
CRL (cloro residual livre)	Semanal	Diária
Turbidez	Semanal	Semanal
Condutividade (a)	Mensal	Semanal
E. coli	Mensal	Mensal
DBO _{5,20}	Mensal	Mensal
Carbono orgânico total (b)	Semestral	Semestral
(a) Os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais. Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais;		
(b) Somente para água de rebaixamento de lençol freático.		

Fonte: ABNT NBR 16783 (2019).

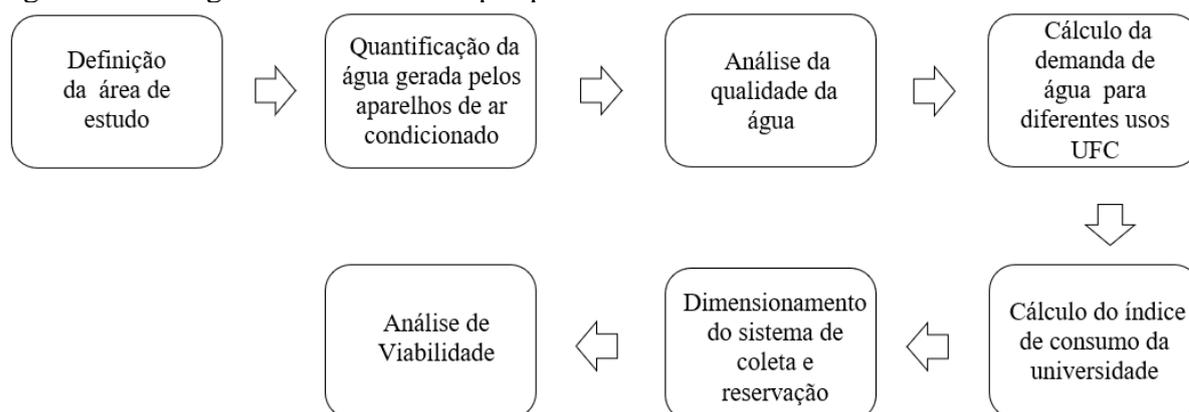
A Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção - CBIC (2019) salienta, que as amostragens dos parâmetros (pH, CRL e condutividade) devem ser feitas com maior frequência em edificações multifamiliares, devido aos riscos de contaminação de maior número de usuários, sendo necessário, portanto, maior controle. Caso as análises não estejam em conformidade com o padrão de qualidade da água não potável (Quadro 2), devem ser realizadas medidas para identificar e extinguir os fatores que alteram os parâmetros, tais medidas ocorrem por meio de assistência técnica no SPANP, para readequação das condições de operação.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa trata-se de um estudo de caso exploratório de natureza quantitativa, cujos os métodos de coleta de dados foram medições em campo e estudos experimentais.

Esta seção apresenta o método de pesquisa, onde são detalhados os procedimentos adotados para realização do estudo. As principais normas observadas para realização deste trabalho foram: a NBR 16783 (2019) – Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações e a NBR 16782 (2019) – Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes. Tais normas foram utilizadas como embasamento para verificação da qualidade da água e para elaboração do projeto. No fluxograma representado na Figura 5, tem-se o detalhamento das atividades desenvolvidas no estudo.

Figura 5 - Fluxograma do método de pesquisa.



Fonte: Do autor.

3.1 Área de estudo

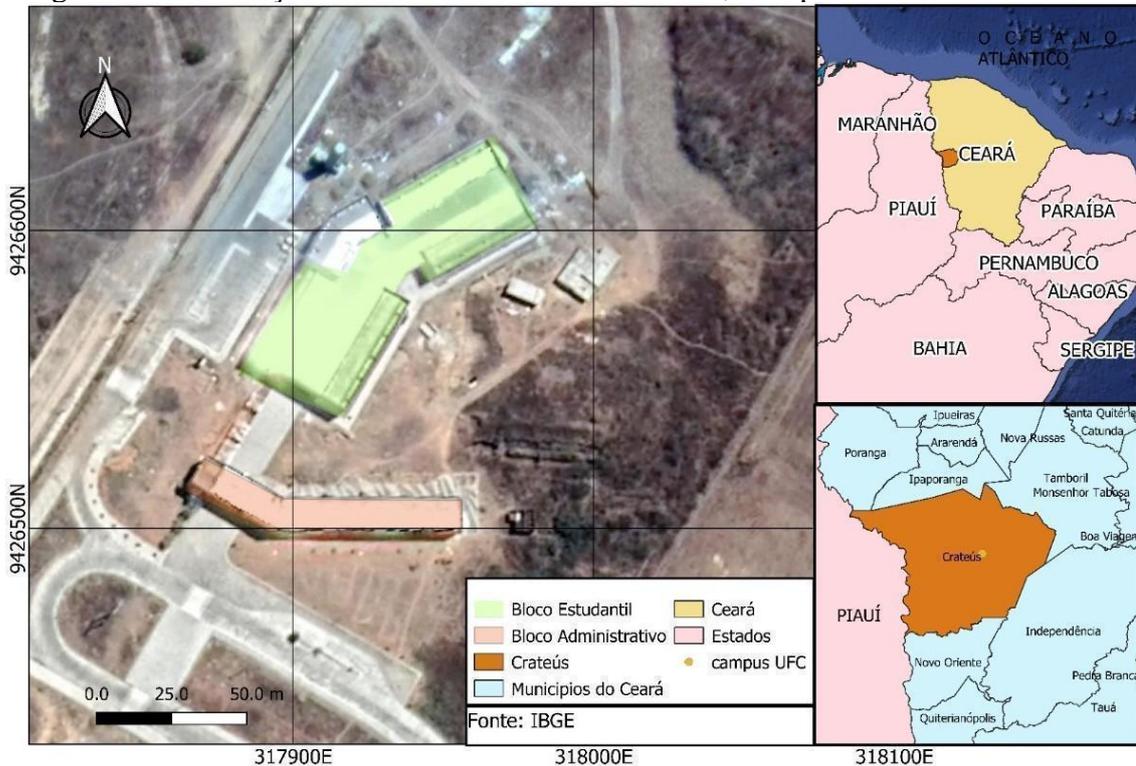
O estudo foi realizado em um campus da Universidade Federal do Ceará (UFC) localizado no município de Crateús no estado do Ceará.

O município de Crateús está situado no norte do Ceará, nas coordenadas 5°10'42"(S) e 40°40'39"(WGr), a uma distância rodoviária de 359,49 Km da capital (Fortaleza). De acordo com IBGE (2020), o município possui área absoluta de 2.981,459 Km², com população total estimada de 75.159 habitantes para o ano de 2020, sendo a principal cidade da microrregião do Sertão de Crateús, a 5^a mais desenvolvida e o 10^o maior PIB do estado do Ceará, ela é classificada como de médio porte.

A cidade possui sua economia voltada para prestação de serviços, ao comércio e à agricultura e se encontra em um ambiente de clima semiárido e com longos períodos de estiagem. Essa região caracteriza-se por regimes de precipitações médias anuais baixas, combinados com altas temperaturas médias anuais e grandes áreas rurais para as atividades de natureza agropastoril. O sertão de Crateús, apresenta condições de temperaturas de certa regularidade, as médias térmicas são superiores a 26°C (SEBRAE, 2019).

A Universidade Federal do Ceará Campus Crateús iniciou as atividades acadêmicas em 2014, porém só começou a funcionar em prédio próprio no ano de 2017. Atualmente, o campus dispõe de duas edificações principais, sendo uma de atribuições administrativas com 23 aparelhos de ar condicionado e a outra de atribuições acadêmicas com 69. O campus atende cerca de 787 alunos, oferecendo cursos de graduação em: Ciências da Computação; Sistemas de Informação; Engenharia Civil; Engenharia Ambiental e Sanitária e Engenharia de Minas. A Figura 6 mostra o mapa com a localização da Universidade Federal do Ceará do campus de Crateús.

Figura 6 - Localização Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús.



Fonte: Do autor.

3.2 Quantificação da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado

Para a presente pesquisa, a água acumulada foi captada dos aparelhos de ar condicionado instalados em 4 salas. Os aparelhos são das marcas: SPRINGER MIDEA e CARRIER, modelo Split e potências de 12000, 18000 e 48000 BTU's (*British thermal unit* - Unidade Térmica Britânica). Vale ressaltar que existem outros modelos de aparelho de ar condicionado na universidade e esses variam entre 6 marcas diferentes. Para cada medição foi obtido a umidade relativa do ar através do aplicativo Wunderground.

Foram realizadas 6 medições em um período de 3 dias, em diferentes turnos. O tempo considerado na amostragem foi de 1 hora. Os materiais utilizados para a obtenção das vazões foram: 1 balde de 13 L, Becker de plástico de 2 L, fichas de anotação e cronômetro.

Após as medições, os resultados médios das vazões foram obtidos através da média das relações entre o volume de água acumulada nos baldes e o tempo de coleta de cada amostra, chegando assim à vazão horária (Q_h) de cada aparelho expressa em (L/h).

Para o cálculo da vazão mensal de água (Q_m) foi utilizada a Equação 1, utilizando os dados de vazão horária (Q_h) em L/h, tempo de funcionamento diário (T) em horas, quantidade de aparelhos no bloco (N) e a quantidade de dias de expediente (D):

$$Q_m = Q_h \times T \times D \times N \quad (1)$$

3.3 Análise da qualidade da água

Para a análise da água foram coletadas duas amostras, uma em cada ponto de captação. As amostras foram armazenadas em recipientes que foram lavados duas vezes com água e sabão, posteriormente foram higienizadas com álcool 70% e a seguir lavados duas vezes com a água dos aparelhos de ar condicionado.

Foram realizadas a medição do pH e da temperatura das amostras utilizando o equipamento PHmetro no laboratório de química do campus da UFC Crateús, para isso foi preciso a elaboração de um Procedimento operacional padrão (Apêndice A). Em seguida as amostras foram enviadas para o laboratório de saneamento (LABOSAN) localizado no campus do Pici em Fortaleza, onde foi realizada a análise de cromatógrafo. Os resultados foram enviados e analisados posteriormente.

3.4 Cálculo da demanda de água para diferentes usos na UFC

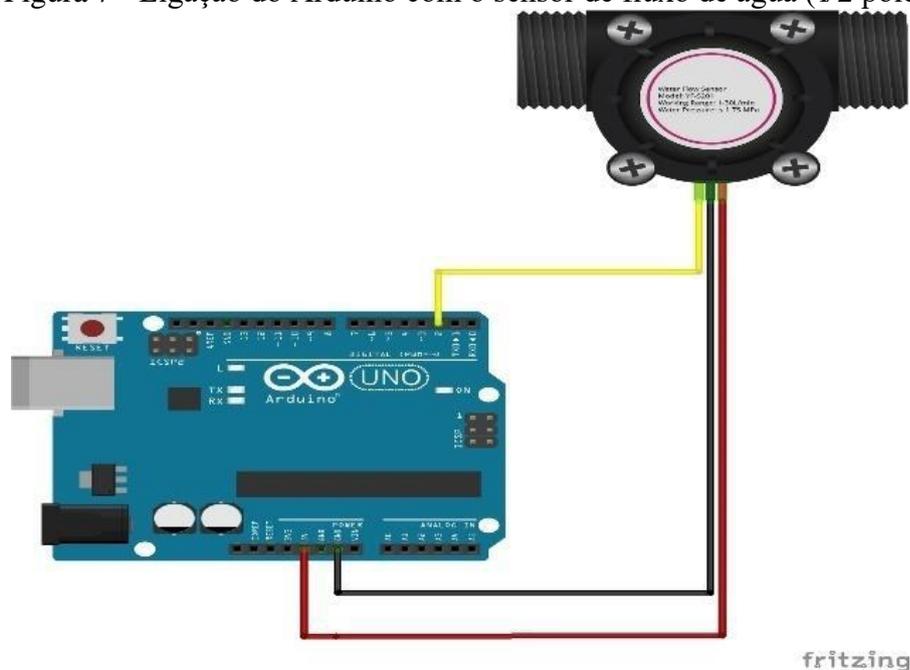
3.4.1 Cálculo da demanda de água para irrigação

Para o cálculo da demanda de água para irrigação optou-se por utilizar um protótipo utilizando sensores de fluxo de água com plataforma Arduino.

A placa Arduino pode ser definida como um pequeno microcontrolador que se pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele (MCROBERTS, 2011). Por ser um hardware livre e com código fonte aberto, este proporciona uma facilidade de encontrar sensores que devidamente programados supram as necessidades do usuário com poucas alterações ou adaptações na sua programação. Apresenta como características: Baixo custo, multiplataforma e ambiente de programação simples.

O sensor escolhido para medida de vazão, e conseqüente cálculo do consumo de água, foi o modelo YF - 21, que possui uma bitola de 1/2 polegada. O sensor é constituído por um rotor, um sensor de Efeito Hall, e um corpo de válvula de plástico. A Figura 7 mostra a representação física do Arduino.

Figura 7 - Ligação do Arduino com o sensor de fluxo de água (1/2 polegada).



Fonte: Sá et al (2017)

O funcionamento desse dispositivo se dá quando a água flui através do rotor, passando da entrada até a saída do sensor. O fluxo de água faz com que o rotor gire provocando

a geração de tensão no sensor de Efeito Hall. Essa tensão é gerada em forma de pulsos através do número de giros do rotor. A vazão, em l/min, é obtida através da divisão do número de pulsos por uma constante característica do equipamento (K) que vem descrita no seu manual.

A constante do equipamento utilizado possui o valor de $K=7,5$. Um software foi utilizado para organizar e exibir os resultados medidos. O software em questão transformou o número de rotações medido pelo sensor em vazão, sendo este processo repetido a cada segundo. O volume acumulado foi exibido a cada iteração.

Inicialmente, foi realizada a calibração do sensor de vazão para obter uma nova constante devido às diferenças nos processos de fabricação e na precisão dos componentes que fazem parte do sensor. Foram necessárias várias repetições conforme o procedimento descrito abaixo:

- 1 – O sensor foi conectado ao Arduino e encaixado em uma tubulação de $\frac{1}{2}$ polegada.
- 2 – Uma torneira que foi conectada ao ramal onde foi instalada o sensor foi aberta e a água foi drenada para dentro de um balde com volume máximo de 15 L.
- 3 – O volume de água coletado no balde foi obtido em um intervalo de tempo igual a 30s, servindo de base de tempo para obtenção da vazão.
- 4 – Após várias repetições dos passos anteriores (total de 5), a vazão medida com o uso do Becker de plástico foi comparada com o número de pulsos registrados pela Arduino.
- 5 – Um novo coeficiente para conversão do número de pulsos em vazão foi obtido.

O monitoramento da demanda de água para irrigação ocorreu durante 2 dias.

O dispositivo Arduino foi conectado ao sensor que, por sua vez, foi conectado à tubulação de saída de água do sistema utilizado para irrigação, e a um computador, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Esquema para aquisição dos dados.



Fonte: Do autor.

Para os locais onde não foi possível executar a metodologia descrita anteriormente, foi realizada uma estimativa do consumo baseado nos resultados coletados em outras áreas do Campus. A estimativa do volume de tais áreas, foi feita com base em áreas análogas, tanto em relação à quantidade de plantas, como quanto ao tipo, o que associado ao fato de que na maior parte do Campus o volume foi realmente medido, garante a representatividade dos resultados.

Posteriormente, foram somados todos os volumes medidos e/ou estimados, de forma a obter o volume necessário para irrigar uma única vez todas as plantas do Campus. O volume gasto mensalmente para essa atividade, foi obtido multiplicando-se o volume gasto em uma única irrigação pelo número de vezes que as plantas são irrigadas por mês. Segundo informações dos servidores, cada planta é irrigada pelo menos duas vezes na semana, resultando em um total de, no mínimo, oito vezes por mês.

3.4.2 Cálculo da demanda de água para limpeza

Para o cálculo da demanda de água necessária para limpeza das salas e banheiros da universidade optou-se por utilizar como referência o trabalho de Sales (2019), em que o volume de água utilizado na limpeza foi obtido através de entrevistas feitas com os funcionários responsáveis pela referida atividade da instituição. A pesquisa foi realizada no ano de 2019, ano em que as aulas presenciais estavam funcionando normalmente. De acordo com Sales (2019) o volume diário de água encontrado foi de 473,8 L chegando a um volume médio mensal de 14.213,6 L.

3.5 Cálculo do índice de consumo da Universidade

A determinação do Índice de Consumo (IC) em l/aluno/dia, foi calculado de acordo com a Equação 2 utilizada por Oliveira (1999).

$$IC = \frac{C_m \times 1000}{NA \times D_m} \quad (2)$$

Em que:

C_m é o consumo médio mensal em m^3 /mês;

NA é o número de agentes consumidores;

D_m é a quantidade de dias úteis por mês.

Para obter o IC médio anual foram calculados os Índices de Consumo para cada mês através do macromedidor existente na universidade e, posteriormente, foi feita uma média aritmética com os valores mensais obtidos.

Para o número de agentes consumidores (NA) foi adotado o quantitativo de alunos referentes aos períodos de agosto a dezembro de 2019. Os professores e demais funcionários não foram considerados, pois como o IC é uma referência de consumo em função de um agente específico, comumente a referência utilizada em universidades é o número de alunos. Para a quantidade de dias úteis foi adotado o número padrão de 22 dias. Todos os dados utilizados foram fornecidos pela administração do campus.

Posteriormente, foi verificado o impacto do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado na redução da demanda de água na universidade e, conseqüentemente, na redução do índice de consumo.

3.6 Dimensionamento do sistema de coleta e reservação

A captação da água condensada dos aparelhos de ar condicionado é realizada por meio de tubos verticais que são traçados de acordo com o posicionamento dos mesmos. A universidade já faz o aproveitamento da água de alguns aparelhos. No bloco administrativo já existe um sistema de coleta e reservação das águas dos aparelhos de ar condicionado. Esse sistema só abrange os 11 aparelhos instalados no pavimento superior que equivale a aproximadamente 12% dos aparelhos instalados no campus e o mesmo é composto por uma caixa d'água de 150 L.

Nessa etapa, a estrutura de coleta existente foi analisada e foi proposta uma adaptação no sistema de modo a abranger a maior quantidade de aparelhos possíveis, conduzindo a água captada para a caixa coletora destinada ao seu armazenamento. O tubo de PVC que liga o dreno ao reservatório deve ser instalado de maneira que a tubulação de coleta apresente uma pequena inclinação, para que o escoamento ocorra por gravidade até chegar ao reservatório localizado no final do tubo de coleta.

De acordo com a NBR 16401-3 (2008) - Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários, o tubo de drenagem dos ares condicionados não deve ter diâmetro inferior a 19 mm, e este deve ser dimensionado com folga para a vazão condensada. Para o dimensionamento da tubulação optou-se por utilizar o diâmetro de 40 mm. Esse diâmetro foi escolhido de modo que acompanhasse os diâmetros das tubulações já existentes no projeto.

Para verificação do diâmetro escolhido para o tubo de drenagem utilizou-se a fórmula de Manning-Strickler indicada na Equação 3.

$$Q = K * \frac{S}{n} * R h^{\frac{2}{3}} * i^{1/2} \quad (3)$$

Em que:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade;

R = raio hidráulico, em m;

P = perímetro molhado, em m;

i = declividade do tubo, em m/m;

K = 60.000.

O reservatório não precisa ter capacidade para armazenar o volume total condensado no mês, tendo em vista que o uso da água captada deve ocorrer regularmente. Além disso, se a água ficar parada por muito tempo sua qualidade pode ser afetada. Ressalta-se que o volume dos reservatórios foi dimensionado para cada caso, variando de acordo com o número de aparelhos instalados, o tempo de uso e a quantidade de dias em que a água ficará armazenada.

Portanto, de acordo com a NBR 5626 (1998) - Instalação predial de água fria e com requisitos da ABNT NBR 16783 (2019) os reservatórios foram dimensionados de modo a armazenar o volume condensado em 3 dias.

3.7 Análise de viabilidade

Foram avaliados os custos para a implantação do sistema, considerando a mão de obra e os materiais necessários à execução do sistema de captação e armazenamento. Para tanto, foi utilizado como base os preços unitários de insumos e composições disponíveis no banco de dados da Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA/CE). Foi contabilizada também a economia mensal que este sistema geraria na conta de água da instituição através da Equação 4 conforme metodologia apresentada por Silva (2020).

$$Ec = Vc * Ts \quad (4)$$

Em que:

E_c é a Economia anual;

V_c é o Volume captado pelos sistemas (m^3);

T_s é a Tarifa do sistema de água e esgoto (R\$).

De posse desses valores, foi possível estimar um tempo de retorno para o investimento e a viabilidade econômica do projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Quantificação da água gerada pelos aparelhos de ar condicionado

A universidade conta com um total de 92 aparelhos de ar condicionado de diferentes potências. As Tabelas 1 e 2 apresentam o detalhamento dessas potências e a quantidade de aparelhos por tipo de sala, respectivamente.

Tabela 1 - Quantidade de aparelhos e suas potências médias de refrigeração.

BTU/h	7000	9000	12000	18000	22000	24000	30000	48000	Total
Quantidade	1	1	25	10	10	7	7	31	92

Fonte: Do autor.

Tabela 2 - Quantidade de aparelhos por tipos de salas.

Bloco administrativo		Bloco acadêmico	
Salas	Quantidade de Aparelhos	Salas	Quantidade de Aparelhos
Secretaria Administrativa	1	NPDS	7
Diretoria	1	Salas de aula	14
Vice diretoria	1	Gabinetes	16
Sala de atendimento	1	Sala dos professores	2
Secretaria acadêmica	1	Laboratórios	10
Sala de apoio a DTI	1	DTIC	1
Coord. Eng. Civil	1	Prefeitura	1
Coord. Eng. Ambiental	1	Biblioteca	7
Coord. Eng. Minas	1	Apoio técnico	3
Coord. CC e SI	2	Restaurante Universitário	1
Divisão de apoio educ.	2	Auditório	4
Salas de reuniões	2	Sala estudo coletivo	1
Salas	4	Centros acadêmicos	1
Videoconferência	2	Sala de atendimento	1
Administração	2		

Fonte: Do autor.

Para a obtenção da vazão de água produzida pelos aparelhos de ar condicionado, foram utilizados 4 aparelhos: o primeiro instalado na sala da prefeitura do campus, o segundo na sala DTIC, o terceiro na sala dos professores de química e o quarto no laboratório de química. Em razão da pandemia da COVID-19, esses eram os únicos aparelhos em funcionamento na

universidade na semana em que ocorreram as medições. A Tabela 3 mostra as especificações dos aparelhos utilizados.

Tabela 3 - Especificações dos aparelhos utilizados.

Aparelhos	Potência (BTU's)	Marca
1	18000	Springer Midea
2	18000	Springer Midea
3	12000	Springer Midea
4	48000	Carrier

Fonte: Do autor.

A captação da água dos aparelhos 1 e 2 foram feitas de forma conjunta devido ao sistema de drenagem dos mesmos estarem direcionados para uma única saída. O mesmo ocorreu com os aparelhos 3 e 4. A Figura 9 mostra a captação e o volume captado da água dos aparelhos 1 e 2.

Figura 9 - Coleta de água dos aparelhos 1 e 2.



Fonte: Do autor.

Nas Tabelas 4 e 5 são mostrados os dados de volumes e vazões médias encontradas na captação de água dos aparelhos de ar condicionado.

Tabela 4 - Vazão média das amostras coletadas nos aparelhos 1 e 2.

Aparelhos 1 e 2							
Dia	Período	Umidade (%)	Temperatura interna		Volume (L)	Q (L/h)	Média (L/h)
			aparelho 1	aparelho 2			
08/12/20	10:00 - 11:00	34	25	24	0,83	0,83	0,74
	14:00 - 13:00	25	25	24	0,65	0,65	
09/12/20	10:00 - 11:00	33	25	22	0,85	0,85	
	15:00 - 16:00	24	25	22	0,47	0,47	
10/12/20	10:00 - 11:00	46	22	19	0,89	0,89	
	13:00 - 14:00	33	22	19	0,8	0,8	

Fonte: Do autor.

Tabela 5 - Vazão média das amostras coletadas nos aparelhos 3 e 4.

Aparelhos 3 e 4							
Dia	Período	Umidade (%)	Temperatura interna		Volume (L)	Q (L/h)	Média (L/h)
			aparelho 3	aparelho 4			
08/12/20	10:00 - 11:00	34	17	16	1,8	1,8	1,58
	14:00 - 13:00	25	17	16	1,35	1,35	
09/12/20	10:00 - 11:00	33	17	16	1,6	1,6	
	15:00 - 16:00	24	17	16	1,29	1,29	
10/12/20	10:00 - 11:00	46	17	16	1,95	1,95	
	13:00 - 14:00	33	17	16	1,5	1,5	

Fonte: Do autor.

A partir dos valores expostos obteve-se uma média geral de 0,5825 L/h por aparelho de ar condicionado. Nota-se que os aparelhos de maior potência são os que possuem maior vazão. Ademais, observa-se que a oferta de água desses aparelhos, devido ao processo de refrigeração dos ambientes, é considerável, haja visto que esses valores correspondem a

captação em apenas 1 hora. O valor encontrado é semelhante aos encontrado por Barbosa e Coelho (2016) na Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo – Fatec Sertãozinho, que possui média geral de 0,52 L/h por aparelho e abaixo da média em comparação com outros estudos, como por exemplo no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, que segundo Silva (2020) possui uma média geral de 0,89 L/h por aparelho.

Com o valor da vazão média condensada foi possível calcular o volume mensal eventualmente produzido pelos 92 aparelhos existentes na universidade através da Equação 1. Tendo em vista que as aulas ministradas na UFC ocorrem nos turnos matutino, vespertino e noturno, porém no período noturno nem todas as salas são utilizadas, foi considerado que os aparelhos funcionam por cerca de 9 horas diárias. De acordo com o calendário disponibilizado pela instituição, as aulas são ministradas de segunda a sexta, considerando-se um mês com 30 dias, sendo 4 finais de semana, chegou-se a um total de 22 dias de funcionamento dos aparelhos. Cabe salientar que todos os resultados aqui obtidos consideram um regime presencial de aulas na universidade.

Pela Equação 1, tem-se:

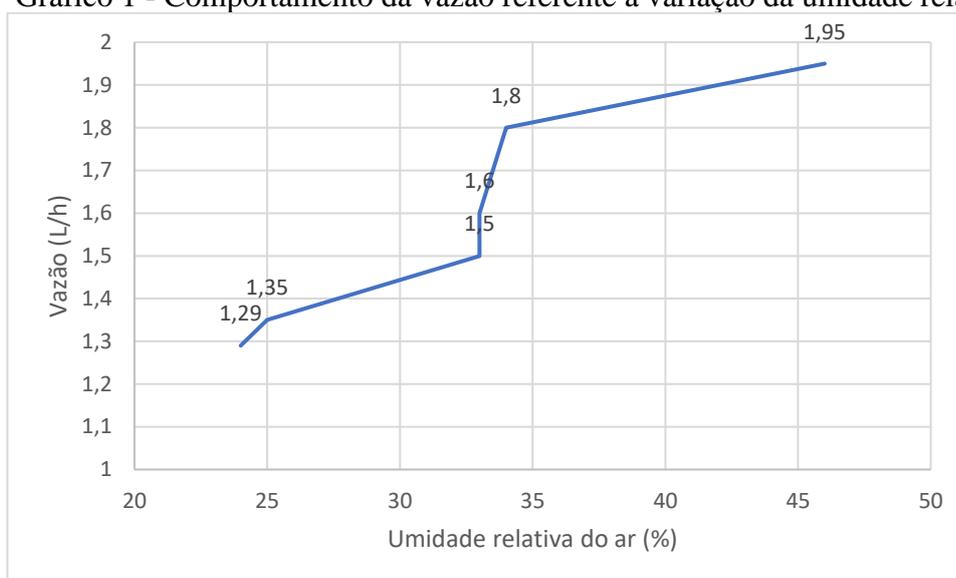
$$Q_m = 0,5825 \text{ L/h} \times 9 \text{ horas} \times 22 \text{ dias} \times 92 \text{ aparelhos}$$

$$Q_m = 10.611 \text{ L/mês}$$

Diversos fatores podem influenciar na quantidade de água produzida por cada aparelho, por exemplo: a área do ambiente; o fluxo de pessoas; quantas vezes a porta é aberta; a umidade relativa do ar, períodos secos e chuvosos, dentre outros.

Para verificar a influência da variação da umidade relativa do ar no volume de água produzido pelos aparelhos de ar condicionado, escolheu-se os aparelhos 3 e 4, funcionando a uma temperatura de 17°C e 16°C. O Gráfico 1 mostra como se deu essa variação da vazão coletada em relação à umidade relativa aferida nos dias das medições, considerando os valores da Tabela 5.

Gráfico 1 - Comportamento da vazão referente a variação da umidade relativa do ar.



Fonte: Do autor.

Nota-se que para umidades relativamente maiores, o que corresponde a uma maior quantidade de partículas de água em suspensão no ar, a vazão de água produzida pelos aparelhos é maior.

Dessa forma, é importante salientar que os valores acima apresentados não são absolutos, por dependerem de diversos fatores já citados anteriormente, mas representam valores médios considerando um funcionamento normal das atividades do campus. Vale ressaltar que foram utilizados aparelhos de ar condicionado com três tipos diferentes de potência, e as potências utilizadas correspondem a maioria dos aparelhos instalados no campus como pode ser observado na Tabela 1.

4.2 Análise da qualidade da água

A primeira amostra foi captada pelos aparelhos de ar condicionado da sala da prefeitura e do DTIC e a segunda das salas do laboratório de química e da sala dos professores de química. A Tabela 6 expõe os valores encontrados a partir das análises qualitativas para as amostras de água provenientes dos aparelhos de ar condicionado.

Tabela 6 - Parâmetros analisados.

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Valores Limites
pH	7,73	7,78	6,0 a 9,0 (NBR 16783)
Temperatura (°C)	24,1	24,7	-
Sabor	Não objetável	Não objetável	-
Odor	Não objetável	Não objetável	-
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	59,3	75,5	$\leq 3\ 200$ (NBR 16783)
Cloretos (mg/L)	1,0081	1,4158	250 (Portaria n° 5 28/09/17)
Nitrato (mg-N/L)	0,1066	0,2985	10 (Portaria n° 5 28/09/17)
Nitrito (mg-N/L)	0,1699	0,8461	1 (Portaria n° 5 28/09/17)
Sulfato (mg/L)	1,3201	1,3590	250 (Portaria n° 5 28/09/17)
Fluoreto (mg/L)	0,6519	0,8313	1,4 (Portaria n° 5 28/09/17)

Fonte: Do Autor.

Comparando os resultados de pH e condutividade com os requisitos do Quadro 2, tem-se que o valor usual de pH da água deve estar entre 6,0 e 9,0 e o de condutividade $\leq 3\ 200$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dessa forma, os valores encontrados estão dentro dos parâmetros estabelecidos pela NBR 16783 (ABNT, 2019). A Figura 10 mostra a execução da análise de pH.

Figura 10 - Análise do PH.



Fonte: Do Autor.

Os demais parâmetros obtidos através da análise de cromatógrafo (Anexo A), foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria de Consolidação n° 5 de 28/09/2017. Os resultados apresentaram valores abaixo do valor máximo permitido pelo anexo XX da Portaria de Consolidação n° 5 de 28/09/2017 para os padrões de potabilidade analisados. Ressalta-se que

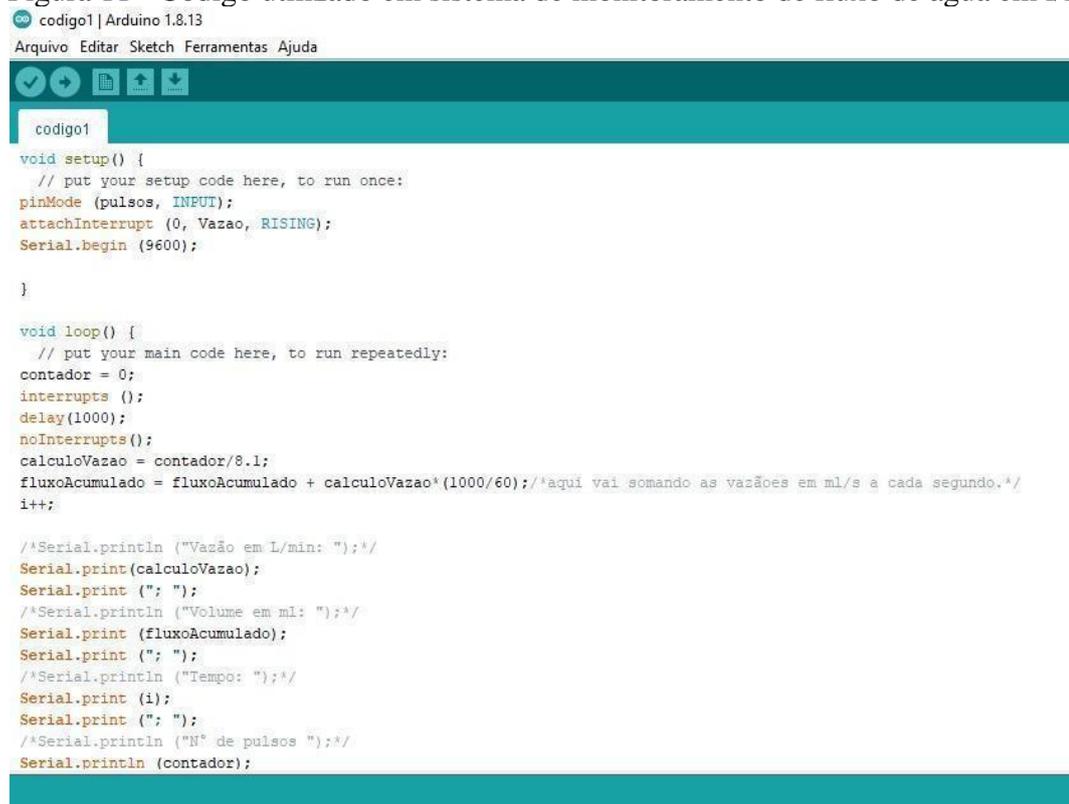
a água captada dos aparelhos de ar condicionado não passa por qualquer tipo de tratamento, apesar disso, apresentou ótimos resultados de qualidade para os parâmetros analisados.

As análises de E.coli, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio, cloro residual livre e carbono orgânico total estabelecidas pela NBR 16783 não foram realizadas em decorrência das limitações do laboratório de química da UFC campus Crateús e das restrições estabelecidas na pandemia de COVID-19.

4.3 Cálculo da demanda de água para irrigação e limpeza na UFC

O software utilizado para o cálculo da demanda de irrigação foi o Arduino 1.8.13. A Figura 11 mostra o código responsável por organizar e exibir os resultados medidos para a demanda de irrigação.

Figura 11 - Código utilizado em sistema de monitoramento de fluxo de água em l/s.



```

codigo1 | Arduino 1.8.13
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

codigo1

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  pinMode (pulsos, INPUT);
  attachInterrupt (0, Vazao, RISING);
  Serial.begin (9600);

}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  contador = 0;
  interrupts ();
  delay (1000);
  noInterrupts ();
  calculoVazao = contador/8.1;
  fluxoAcumulado = fluxoAcumulado + calculoVazao*(1000/60); /*aqui vai somando as vazões em ml/s a cada segundo.*/
  i++;

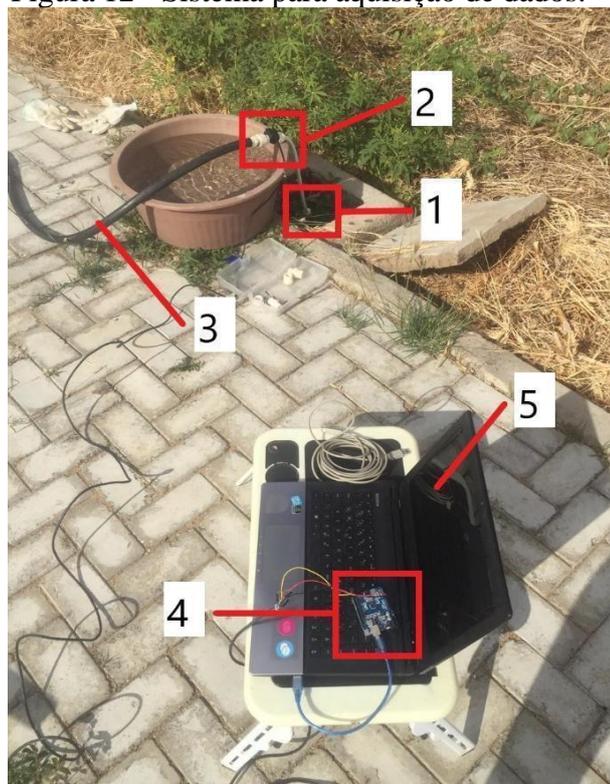
  /*Serial.println ("Vazão em L/min: ");*/
  Serial.print (calculoVazao);
  Serial.print (" ");
  /*Serial.println ("Volume em ml: ");*/
  Serial.print (fluxoAcumulado);
  Serial.print (" ");
  /*Serial.println ("Tempo: ");*/
  Serial.print (i);
  Serial.print (" ");
  /*Serial.println ("Nº de pulsos ");*/
  Serial.println (contador);

```

Fonte: Do autor.

Através da aplicação da metodologia descrita na seção 3.4.1, para a calibração da constante característica do Arduino foi obtido um valor de 8,63. Esse novo valor de K foi utilizado para o cálculo das vazões. A Figura 12 mostra a montagem do equipamento utilizado para a aquisição de dados.

Figura 12 - Sistema para aquisição de dados.



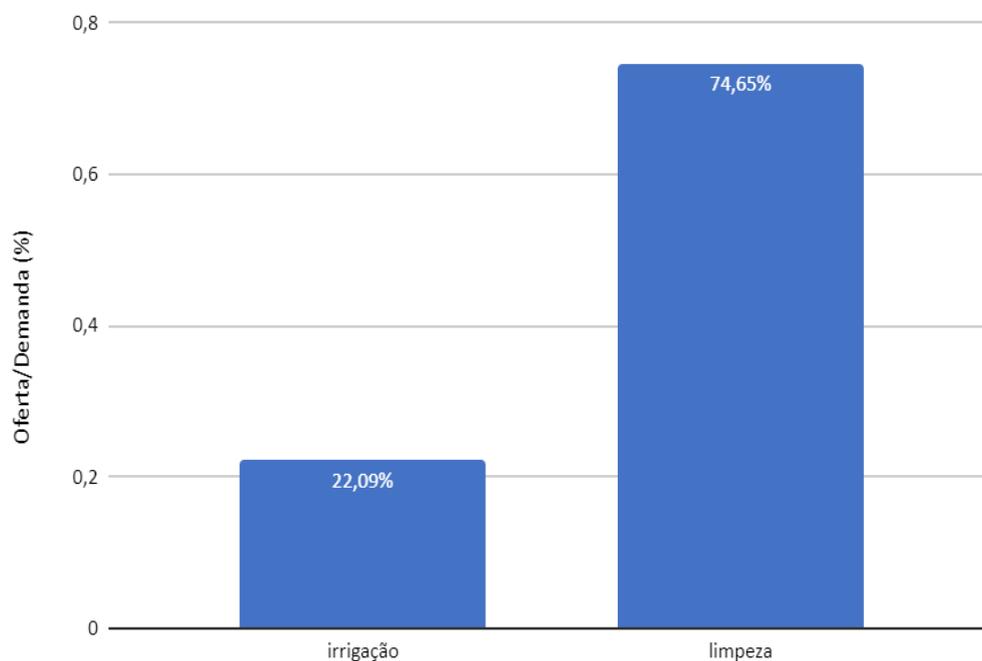
Fonte: Do autor.

Em que: 1 é torneira ligada à tubulação de saída de água do sistema utilizado para irrigação; 2 é o medidor de vazão; 3 é a mangueira utilizada para fazer a irrigação; 4 é a placa Arduino e 5 é o notebook, no qual está instalado o programa responsável por organizar os dados.

Foi encontrado um volume de 6.005,88 L de água demandado para irrigar as plantas uma vez, o que resulta em um consumo mensal de 48.047,07 L, considerando que as plantas são regadas duas vezes por semana. Esse volume representa 17,41 % do consumo médio mensal de água do campus, considerando um funcionamento normal. Para o volume de água demandado para a limpeza durante o mês, utilizou-se o valor de 14.213,6 L encontrado por Sales (2019).

No Gráfico 2 é apresentada a relação entre o volume de água mensal estimado proveniente de todos os aparelhos de ar condicionado e o volume de água consumido mensalmente para irrigação e limpeza.

Gráfico 2 - Porcentagem do volume de água gerado por todos os aparelhos de ar condicionado em relação à sua respectiva utilização.



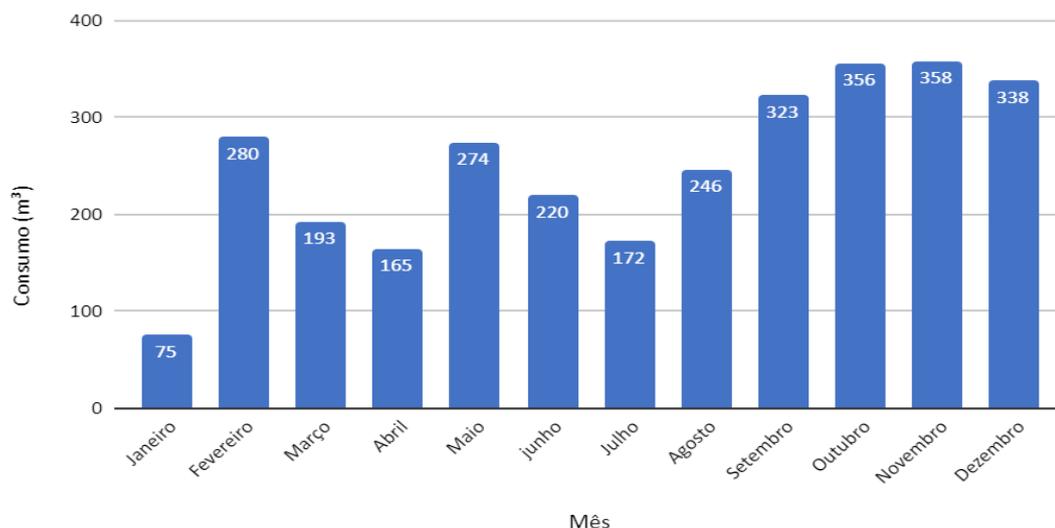
Fonte: Do autor.

Com base no gráfico, pode-se observar que a oferta de água dos aparelhos de ar condicionado atende a cerca de 22% da demanda de água necessária para irrigação, e 75% da demanda relacionada à limpeza.

4.4 Cálculo do índice de consumo da universidade

No Gráfico 3 são apresentadas as séries de dados fornecidos pela prefeitura do campus referentes às leituras mensais do macromedidor da universidade no período de janeiro a dezembro de 2019.

Gráfico 3 - Consumo de água mensal em 2019.



Fonte: Do autor.

Optou-se por utilizar os dados somente de agosto a dezembro de 2019 para os cálculos do índice de consumo. No mês de janeiro houve o uso intercalado das águas subterrâneas e baixo fluxo de pessoas, em abril ocorreu uma falha no fornecimento de água e em julho foi realizada a limpeza do reservatório. O descarte dos dados dos outros meses não citados se justifica pelo funcionamento de um banheiro que começou a ser usado somente em agosto e devido a quantidade de plantas que era menor no primeiro semestre de 2019. Em virtude da pandemia da COVID-19 não foi possível utilizar os dados referentes ao ano de 2020, haja visto que as aulas passaram a ocorrer de forma remota, assim, o consumo da universidade reduziu significativamente.

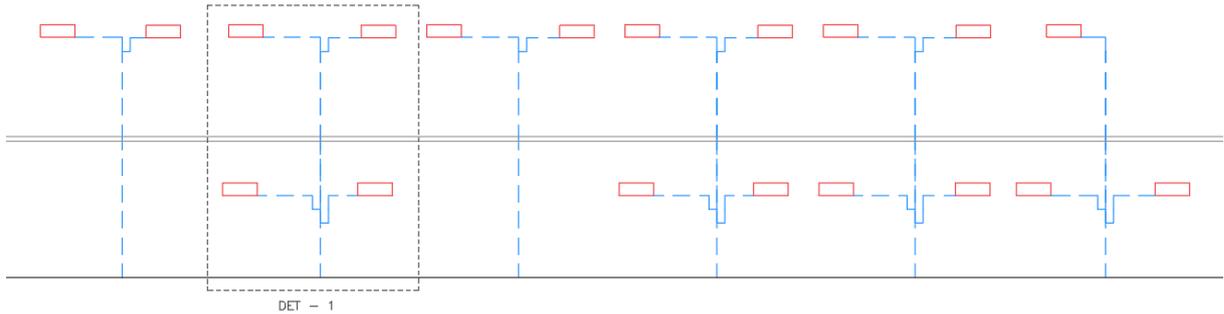
O consumo médio mensal encontrado para esse período foi de 324,2 m³. Além disso, foi encontrado o valor médio de 23,17 L/aluno.dia como indicador de consumo para períodos de funcionamento normal do Campus. Nesse cálculo o número de agentes consumidores foi de 636 alunos. Considerando também os servidores ativos no período, esse valor cai para 19,65 L/pessoa.dia, o que indica um consumo abaixo da média em comparação com outras instituições de ensino superior, como por exemplo no campus A.C Simões da Universidade Federal de Alagoas, que segundo Silva Júnior *et al.* (2018) possui um consumo per capita de aproximadamente 33 L/pessoa.dia, e na Universidade de Campina Grande o IC médio apontado por Gomes e Batista (2013) é de aproximadamente 32,8 L/pessoa.dia.

Considerando a utilização da água dos aparelhos de ar condicionado, o consumo médio mensal cai para 313,6 m³ e o índice de consumo para 22,41 L/aluno.dia. A comparação dos resultados encontrados indica uma redução de 4% no índice de consumo da universidade.

4.5 Dimensionamento do sistema de coleta e armazenamento

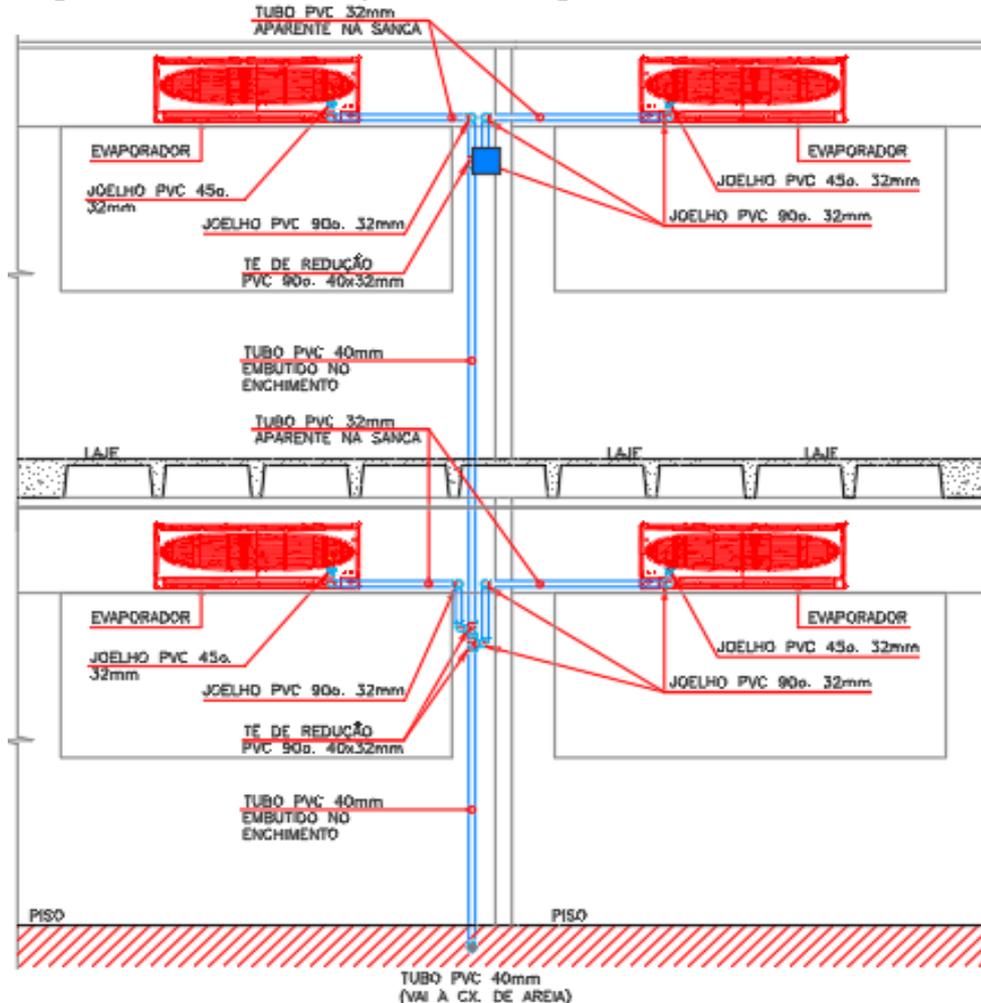
No sistema de captação existente os condutores verticais ligados aos drenos dos aparelhos conduzem a água diretamente para as caixas coletoras de águas pluviais, como mostra as Figuras 13 e 14.

Figura 13 - Esquema de drenagem atual.



Fonte: Do autor.

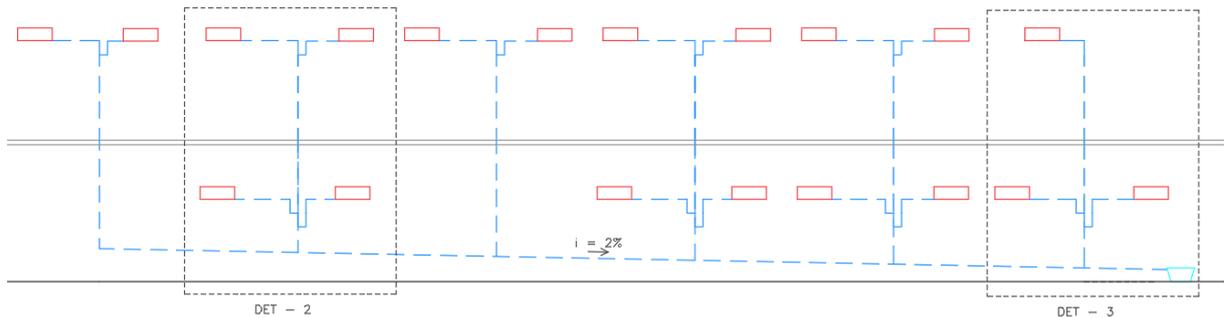
Figura 14 - Detalhe do esquema de drenagem atual.



Fonte: Adaptado dos projetos fornecidos pela prefeitura do campus.

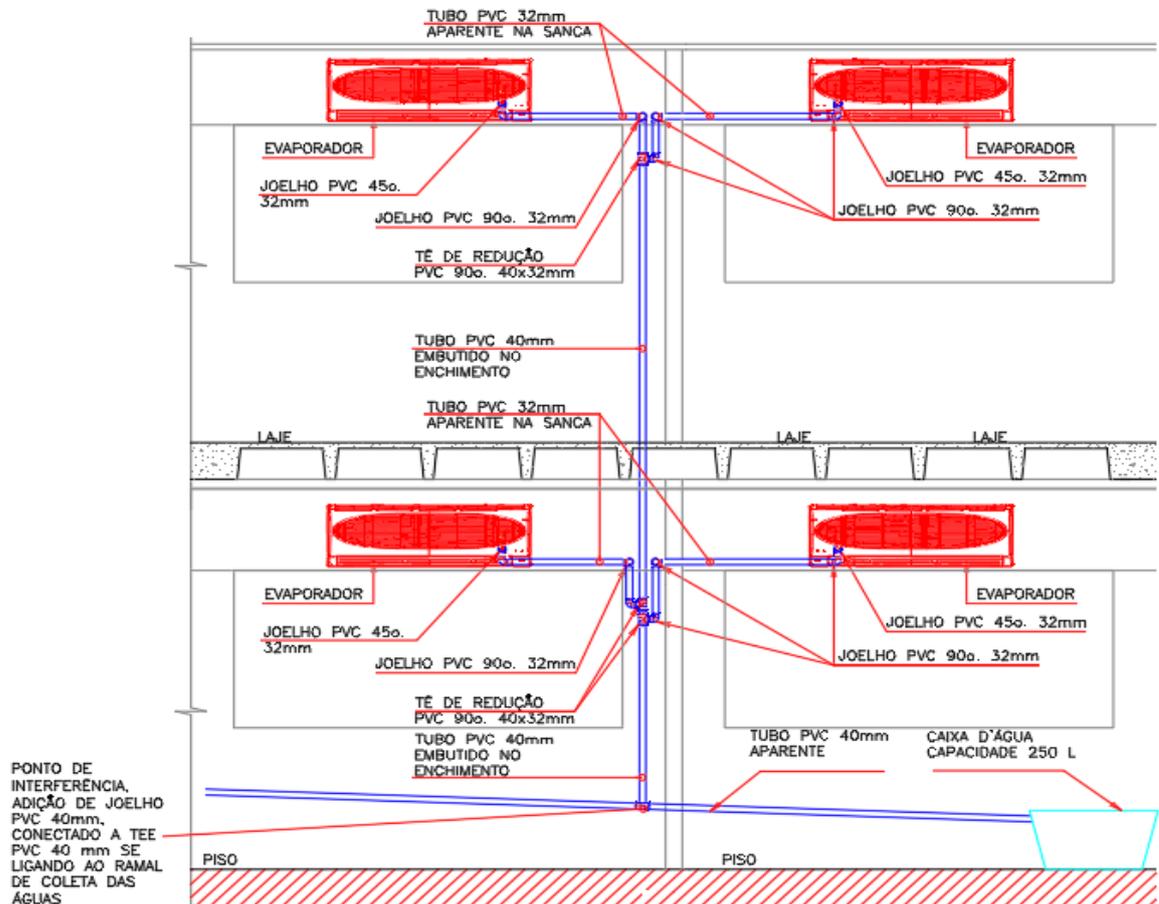
O novo sistema propõe interligar todos os tubos de queda por um tubo de coleta de PVC de 40 mm, como já mencionado anteriormente. A inclinação estabelecida para a tubulação foi de 2%. Esta conduz a água captada até a unidade coletora como mostra as Figuras 15 e 16. As ligações do tubo de queda com o tubo de coleta são conexões dos tipos Tê de PVC de diâmetro de 40 mm (1 ¼”) e joelhos 90° de PVC de diâmetro 40 mm (1 ¼”). As abraçadeiras foram dispostas por uma distância de 1m entre elas.

Figura 15 - Esquema de drenagem com intervenção.



Fonte: Do autor.

Figura 16 - Detalhe do esquema de drenagem com intervenção.



Fonte: Do autor.

Foram propostos 5 sistemas de coleta e armazenamento: 1 no bloco administrativo (Apêndice B) e 4 no bloco acadêmico (Apêndice C e D).

A Tabela 7 contém as informações sobre os sistemas de armazenamento dimensionados. Os reservatórios foram escolhidos de acordo com a disponibilidade de volumes do mercado.

Tabela 7 - Informações sobre os sistemas de armazenamento.

Sistemas	Volume estimado (L)	Volume do reservatório (L)	Quantidade de aparelhos
1	125,8	150	8
2	157,3	250	10
3	141,6	150	9
4	251,6	310	16
5	251,6	310	16
			Total = 59

Fonte: Do Autor.

Utilizando-se a Equação 3, com coeficiente de rugosidade de 0,011 (tubulações de plástico) e utilizando a lâmina de água igual à metade do diâmetro interno, encontrou-se uma vazão de 22,5 L/min que equivale a aproximadamente 1.350 L/h. Esse valor é bem superior às vazões encontradas nos trechos críticos como mostrado na Tabela 8. Dessa forma, pode-se concluir que a tubulação com diâmetro de 40mm é suficiente para conduzir o escoamento da água nos trechos dimensionados com folga.

Tabela 8 - Vazões no pior segmento de cada sistema.

Vazões (L/h)				
Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
4,66	5,82	5,24	9,32	9,32

Fonte: Do autor.

Os sistemas dimensionados captam a água de 64,13% dos aparelhos instalados na Universidade. Com o sistema já existente, a porcentagem aumenta para 77,18%, que resulta em 8.189 L captados mensalmente. A proposta apresentada neste trabalho não envolveu os demais aparelhos por conta da localização dos mesmos, o que aumentaria a complexidade do traçado do sistema de drenagem, envolvendo outros sistemas da edificação.

4.6 Análise de viabilidade

Com base nos custos de materiais calculados (Tabela 9), temos que o valor total de matéria prima para a execução dos 5 sistemas é de R\$ 3.097,670. Os preços das caixas d'água de 150 L e 250 L foram definidos através de uma média de valores encontrados nas lojas Leroy Merlin e Carajás, já que esses materiais não foram encontrados na tabela de preços da SEINFRA/CE. Vale ressaltar que outros insumos como fita de vedação, solução limpadora de PVC e parafusos já estão incluídos no valor de cada material.

Tabela 9 - Descrição e orçamento dos materiais necessários para a execução.

Item	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
1.1 Joelho ou curva PVC sold. D=1 1/4"	Und	36	9,47	340,99
1.2 Tê PVC sold. Marrom D= 1 1/4"	Und	20	8,19	163,85
1.3 Tubo PVC sold. Marrom D= 1 1/4"	m	149	9,91	1477,42
1.4 Caixa d'água em polietileno cap. 150 L, com tampa	Und	2	184,90	369,80
1.5 Caixa d'água em polietileno cap. 250 L, com tampa	Und	1	204,90	204,90
1.6 Caixa d'água em polietileno cap. 310 L, com tampa	Und	2	214,99	429,98
1.7 Abraçadeira em aço, tipo U simples, com 1 1/4"	Und	173	0,64	110,72

Fonte: Do autor.

O valor da mão de obra para a execução dos sistemas de coleta e armazenamento foi baseado na tabela de preços e insumos SEINFRA/CE. De acordo com coeficientes de produtividade dados pela tabela e a quantidade de materiais utilizados, temos que o projeto pode ser executado em seis dias de serviço. Dessa forma tem-se a Tabela 10.

Tabela 10 - Valor da mão de obra.

Cargo	Quantidade	Diária (R\$)	Número de diárias	Preço Total (R\$)
Encanador	1	176,88	6	1061,28
Ajudante	1	143,27	6	859,584

Fonte: Do autor.

O custo total para a mão de obra será de R\$ 1.920,9 (mil novecentos e vinte reais e noventa centavos).

Com base nos custos calculados para mão de obra e materiais, temos que o custo total para a implementação do sistema de captação de água dos aparelhos de ar condicionado é de R\$ 5.018,60 (cinco mil e dezoito reais e sessenta centavos).

De acordo com os valores encontrados, foi possível calcular um período de retorno considerando a despesa de implantação do sistema e a economia que o mesmo é capaz de gerar. O volume coletado mensalmente pelos sistemas é de 8.189 L que equivale a 8,189 m³, com base nisso, estima-se que anualmente serão utilizados aproximadamente 74 m³ de água.

A tarifa cobrada pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) para edificações de caráter público pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11 - Estrutura tarifária CAGECE.

Categoria	Tarifa mínima (R\$)		
	< 15 m ³	16 a 50 m ³	>50 m ³
Pública	6,61	9,84	15,79

Fonte: Adaptada de CAGECE, 2020.

Tendo em vista que o consumo mensal de água da Universidade é maior que 50 m³, o valor da tarifa utilizado para os cálculos é de 15,79 R\$/m³.

Utilizando-se a Equação 3, tem-se que a economia anual para a universidade é de R\$ 1.168,5 (mil cento e sessenta e oito reais e cinquenta centavos). Desta forma, o tempo de retorno do valor investido no sistema de coleta e armazenamento da água dos aparelhos de ar condicionado é de 4,3 anos. Vale ressaltar que, a depender do uso previsto para essa água, o SPANP-C poderá necessitar de outros elementos. Por exemplo, para a irrigação, seria necessário, ainda, determinar o tipo de sistema que seria utilizado, traçar o percurso das tubulações e considerar esses materiais e a mão-de-obra associada no orçamento. Isso ocasionaria um aumento do tempo de retorno do investimento.

5 CONCLUSÃO

Em decorrência da distribuição irregular dos recursos hídricos, assim como do acelerado crescimento do consumo, o estudo de caso propõe uma alternativa inteligente nos campos ambientais, construtivos e econômicos. Isso porque ele aborda a utilização de água não potável como fonte segura para determinadas atividades e atende ao reúso interno conforme a Lei n.º 16.033, de 20.06.16 que dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do estado do Ceará.

Com relação ao primeiro objetivo específico, foi feito um levantamento em campo onde foi possível estimar a vazão de água gerada pelos aparelhos de ar condicionado. A média de água produzida por cada aparelho de ar condicionado foi de 0,5825 L/h, o que acarreta em um volume mensal de 10.611 L/mês. Pôde-se constatar, ainda, que aparelhos de maiores potências geram maiores vazões e que em unidades relativamente maiores, a vazão de água produzida também é maior.

No que se refere ao segundo objetivo específico, foram propostos 5 sistemas do tipo SPANP-C. Esses sistemas têm capacidade para captar 8.189 L de água mensalmente, por sua vez, mostrando-se um volume consideravelmente bom para usos não potáveis. Em sequência, o terceiro objetivo concerne aos impactos do aproveitamento da água dos aparelhos de ar condicionado no índice de consumo da instituição que, embora tenha sido somente um percentual de redução de 4%, ainda é um valor relevante, uma vez que o consumo de água na universidade é alto.

No que tange à qualidade da água, dentro dos parâmetros observados, evidencia-se que as análises físico-químicas indicaram que a água drenada pelos aparelhos de ar condicionados, representam uma fonte viável e segura de aproveitamento direto para fins não potáveis. Dessa forma, podendo ser utilizada para limpeza e irrigação. O sistema é capaz de atender 17% de água necessária para a irrigação e 57,61% da demanda relacionada a limpeza, sendo necessário, portanto, planejar a utilização de outras fontes alternativas como complemento para conseguir atingir a demanda total.

Com base na metodologia aplicada e nos resultados obtidos, pode-se concluir também que a implantação de um SPANP-C na Universidade Federal do Ceará, Campus Crateús, pode gerar uma economia anual de R\$ 1.168,5, ao se levar em consideração a redução do valor nas contas de água.

Não obstante, apesar do período de retorno do investimento calculado ter sido de 4,3 anos, vale salientar que os custos de implantação do projeto estão estimados em R\$

5.018,60, que foram considerados baixos, quando relacionados aos investimentos de longo prazo e de grande porte, como o caso de universidades.

Assim, dentro dos parâmetros analisados, constata-se que é viável a implementação de um sistema de aproveitamento de água dos aparelhos de ar-condicionado para fins não potáveis na UFC Crateús.

Outra questão que deve ser salientada é a de que durante o período de levantamento dos dados, surgiram algumas dificuldades que impossibilitaram obter um resultado mais preciso, tais como:

- Em consequência da pandemia da COVID-19, não foi possível considerar aparelhos de todas as potências disponibilizados no campus;
- As limitações de materiais e equipamentos no laboratório de química da UFC campus Crateús, para a análise da qualidade da água, impossibilitou a determinação de alguns parâmetros necessários para a comparação com a norma ABNT NBR 16783:2019;
- Não foi possível conectar todos os aparelhos de ar condicionado nos sistemas de coleta e armazenamento por conta da localização dos mesmos, uma vez que isso envolveria outros sistemas da edificação.

Como sugestão para trabalhos futuros tem-se:

- Realização de todas as análises da qualidade da água definida pela a ABNT NBR 16783:2019;
- Implementação de um sistema de irrigação, ligado ao SPANP-C;
- Desenvolvimento de estudos semelhantes em outros tipos de edificações públicas.

A partir de todas as informações apresentadas, espera-se que este estudo tenha contribuído com a geração de dados para auxiliar o planejamento e execução de futuros projetos relacionados à sustentabilidade no campus da UFC em Crateús.

Outros estudos podem ser desenvolvidos considerando o uso de outras fontes alternativas de água não potável, como a água pluvial, para solucionar o problema do alto consumo de água potável em usos que não exigem padrões de potabilidade tão elevados, como a irrigação e a limpeza.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Água no mundo**. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>>. Acesso em: 14 abr. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: Informe anual. Brasília: ANA, 2017.
- ANTONOVICZ, Diego; WEBER, Rhuann Georgio Bueno. **PMOC - Plano de manutenção, operação e controle - nos condicionadores de ar do campus medianeira da universidade tecnológica federal do Paraná**. 2013. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, Departamento de Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.
- ARAÚJO, Eliete de Pinho. **Apostila de ar condicionado e exaustão**. Distrito Federal: Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - Fatecs, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3**: Instalações de ar-condicionado — Sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.782**: Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- BARBOSA, Thaís; COELHO, Laura. Sustentabilidade por meio do reúso da água dos aparelhos de ar condicionado da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo – Fatec Sertãozinho. **Academus**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 1-10, abr. 2016.
- BASTOS, C. S.; CALMON, J. L. Uso de água residual do ar condicionado e de água pluvial como gestão da oferta em uma edificação comercial: estudo de caso. **Revista Hábitat Sustentable**, Chile, v. 3, n. 2, p. 66-74, nov. 2013.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. **Estrutura Tarifária**. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Guia orientativo das normas de conservação de água, fontes alternativas não potáveis e aproveitamento de água de chuva em edificações**. 1. ed. Brasília: CBIC, 2019.
- CASTILHO, Carolina Paula de; OLIVEIRA, Lúcia Helena de. Avaliação durante operação de sistemas de água não potável em edifícios residenciais. **Ambiente Construído** v. 18, n. 1, p. 409-421, mar. 2018.
- CUNHA, Jorge Alisson Oliveira et al. **Quantificação e Caracterização das Águas de Aparelhos de Ar Condicionados Para uma Proposta de Reuso direto do IFCE-Campus**

Quixadá. Quixadá: Grupo de Pesquisas em Física Ambiental do Ifce-campus Quixadá, 2015. 10 p.

FORTES, P. D.; JARDIM, P. W. G.; FERNANDES, J. G. Aproveitamento de água proveniente de aparelhos de ar condicionado. In: **XII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia**, 7., 2015, Resende. AEDB, 2015.

GOMES, Viviane Lucena; BATISTA, Vanessa de Moraes. Uso Eficiente De Água Em Campus Universitário: O Caso Da Universidade Federal De Campina Grande. In: **XX Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos**, 20., 2013. Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p. 1-8.

GONÇALVES, Luciene Pavanello. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica.** São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2005. Disponível em: <http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-36.pdf>. Acesso em abr. 2020.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso racional da Água em edificações**, RJ, ABES, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010.** Brasília, 2010. Disponível em: <https://mapasinterativos.ibge.gov.br/grade/default>. Acesso em: 14 abr. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama.** Brasília, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crateus/panorama>. Acesso em: 21 ago. 2020.

JARDIM, Mariana Heilbuth; BURSZTYN, Maria Augusta. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: O caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 20, n. 3, p. 353-360, set. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020000106299>.

MARQUES, Iohana Gonçalves; OLIVEIRA, Lúcia Helena. **Padronização de terminologia e de conceitos de sistemas prediais de água não potável.** São Paulo: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, 2014.

MCROBERTS, M. **Arduino básico.** 1a. ed. São Paulo: Novatec, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **História.** Brasília, 2018. Disponível em: <https://a3p.mma.gov.br/historia/>. Acesso em: 15 abr. 2020.

OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifícios.** Boletim Técnico da EPUSP. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

RIGOTTI, P. C. **Projeto De Aproveitamento De Água Condensada De Sistema De Condicionadores De Ar.** 2014. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.

RODRIGUES, Guilhermina Moreira. **Aproveitamento das Águas Descartadas por Aparelho de Ar Condicionados Para Fins de Reuso Não Potável.** 2019. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Departamento de Química Analítica e Físico-Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SÁ, Pétrus Eduardo Feliciano de *et al.* Comparação de métodos de determinação da vazão em um canal experimental retangular. In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Florianópolis: Abrh, 2017. p. 1-8.

SALES, Hian Melo. **Proposta de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no semi árido cearense: Estudo de caso na Universidade federal do ceará em Crateús.** 2019. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2019.

SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas em Edificações:** padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção. Distrito Federal: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal, 2017. 68 p.

SANTOS, Euler Bueno dos et al. Coleta e aproveitamento de água de aparelhos de ar-condicionado. **Brazilian Journal Of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 1-10, 25 set. 2019.

SEBRAE. **Estudo Socioeconômico.** Crateús: Escritórios Regionais, 2019.

SILVA, Jorge Ricardo Rodrigues da. **Viabilidade da coleta de água proveniente de sistemas de refrigeração.** 2020. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2020.

SILVA JUNIOR, José Carlos da *et al.* Consumo per capita de água em instituições de ensino superior. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC'2018, 75., 2018, Maceió. **Anais [...].** Maceió: Soea, 2018. p. 45-50.

STOECKER, Wilbert.; JONES, Jerold W. **Refrigeração e Ar Condicionado.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

WEB AR CONDICIONADO. **Dreno do ar condicionado.** Disponível em:
<<http://www.webarcondicionado.com.br/dreno-ar-condicionado>> Acesso em: 21 de mai. 2020

APÊNDICE A - PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP)**ATIVIDADE:**

EXPERIMENTO 1: Determinação de pH em amostras de água.

PROFISSIONAIS RESPONSÁVEIS:

Prof.^a Dr.^a Janaina Lopes Leitinho
Prof.^a Dr.^a Luisa Gardênia Alves Tomé

OBJETIVOS:

- a) Determinar o pH das amostras de água.
- b) Medição da temperatura.

SOLUÇÕES NECESSÁRIAS:**VIDRARIAS NECESSÁRIAS:**

- a) 2 béqueres de 100 mL
- b) 1 béquer de 2L de plástico
- c) 1 pHmetro

DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO 1:

- Colocar o eletrodo do pHmetro em contato com a solução a ser mensurada, a solução deve estar em um béquer .
- Ativar o botão para leitura e anotar o valor medido.
- Retirar o eletrodo da solução e lavar com água destilada.
- Estes passos devem ser seguidos sempre que utilizar o pHmetro.

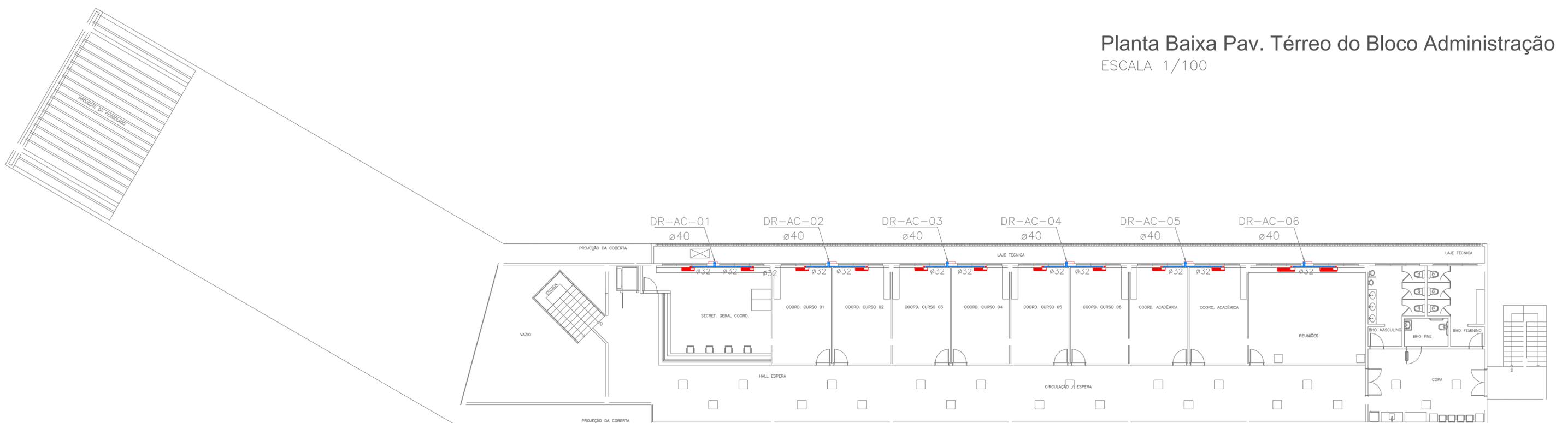
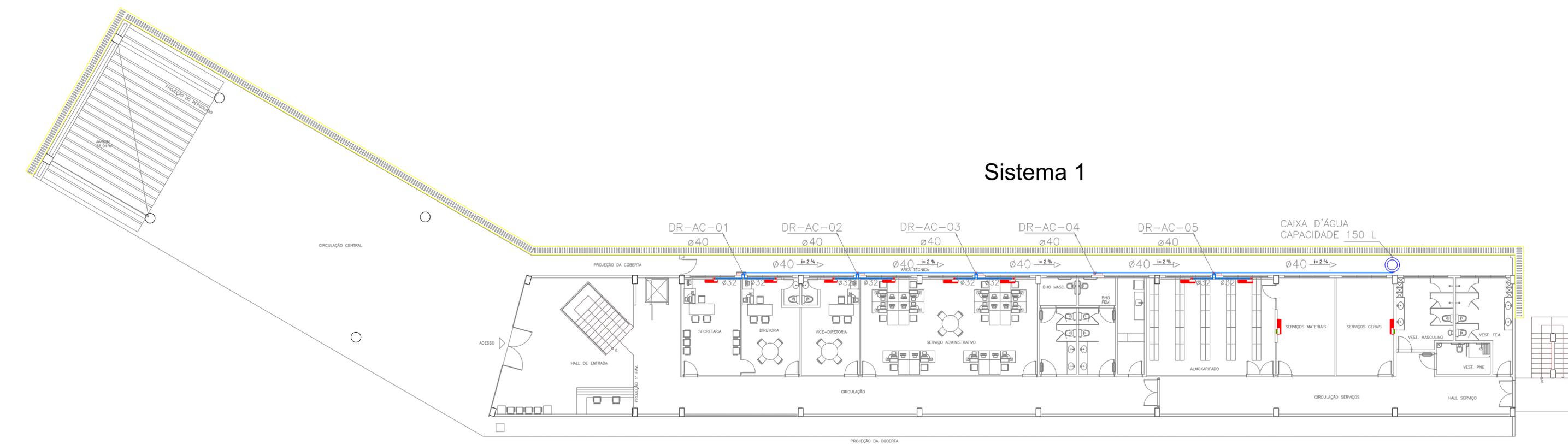
PRECAUÇÕES PARA O PROCEDIMENTO 1:

- a) Cuidado com uso do bulbo do pHmetro, pois é muito frágil e pode quebrar.
- b) EPIs: Calça, jaleco e sapato fechado.
- c) Cabelos presos e não utilizar bijuterias (anéis, argolas, braceletes, pulseiras, etc).

REFERENCIAL TEÓRICO:

SGRILLO, K.R.P.A. Roteiros para Aulas Práticas de Bioquímica. Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Santa Cruz (DCB/UESC), Ilhéus-BA, 2006.

APÊNDICE B - SISTEMA 1 - BLOCO ADMINISTRATIVO

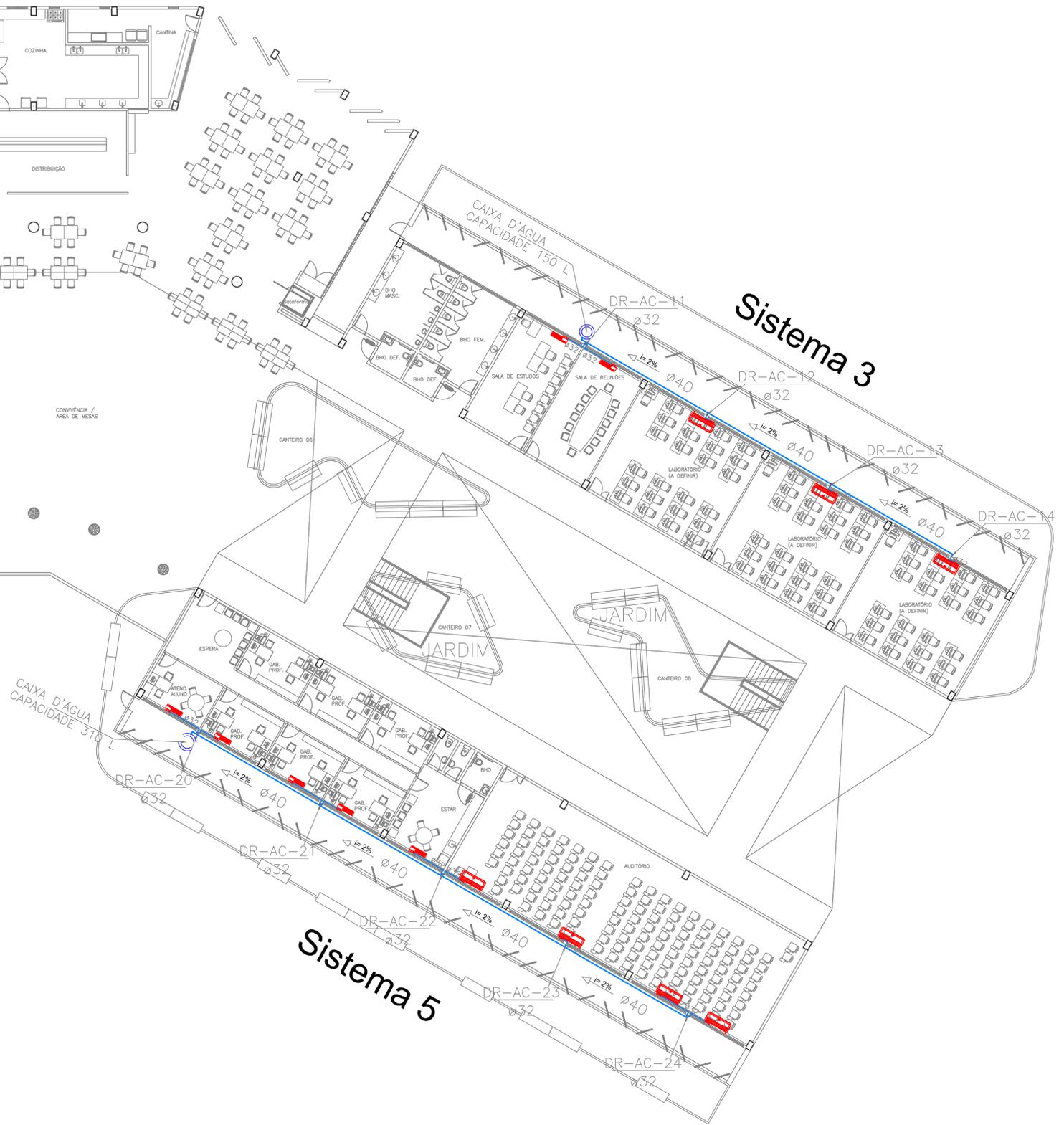


APÊNDICE C - SISTEMAS DO BLOCO EDUCACIONAL PAV. TERREO

Sistema 2

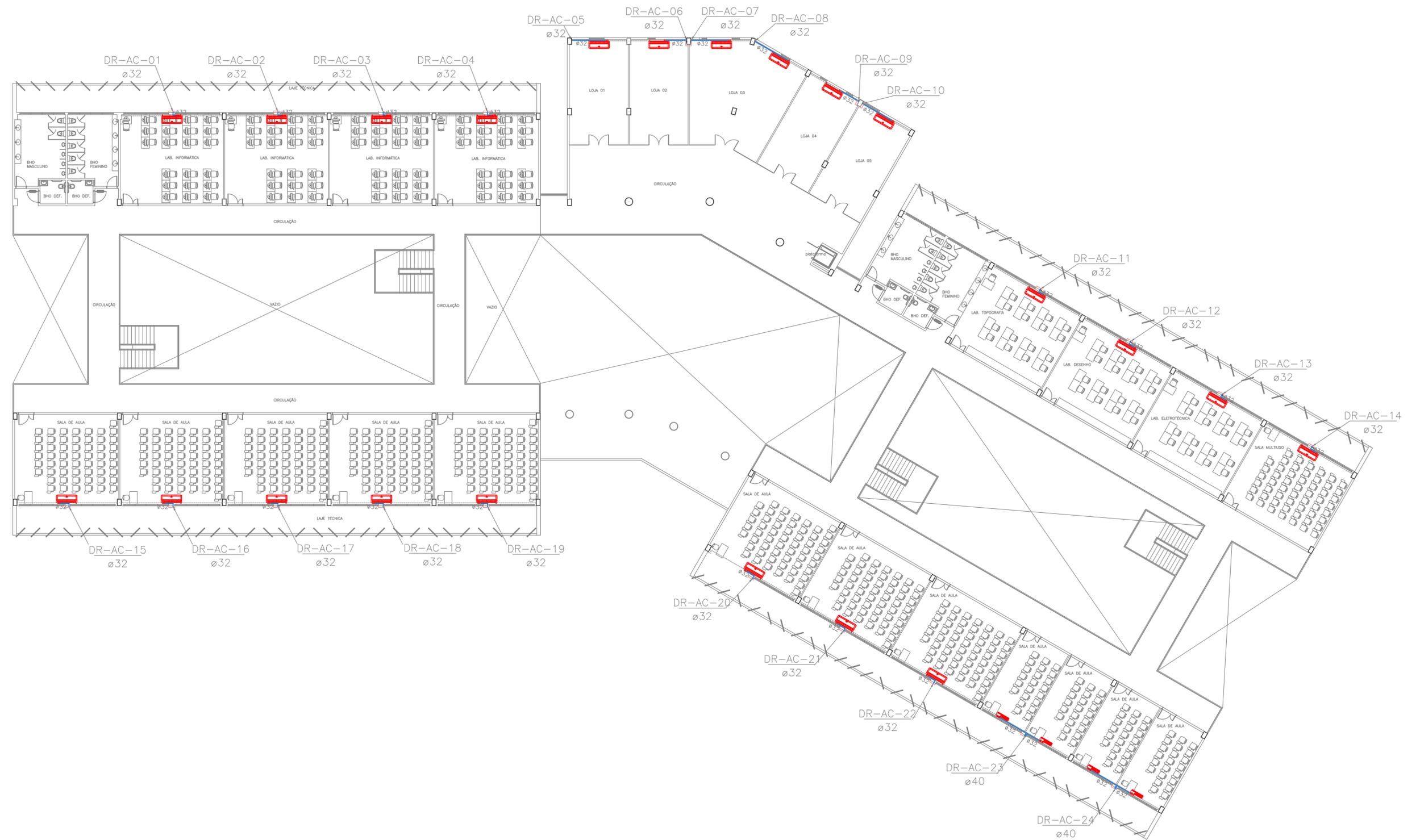


Sistema 4



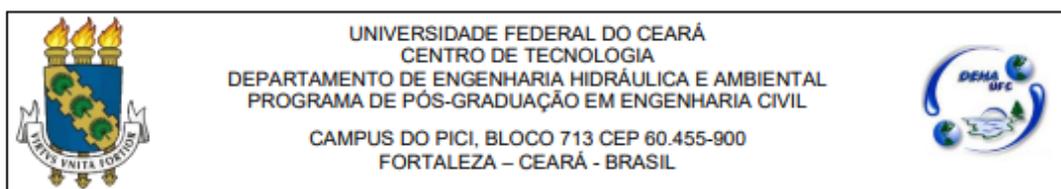
Sistema 5

APÊNDICE D - SISTEMAS DO BLOCO EDUCACIONAL PAV. SUPERIOR



Planta Baixa do Pav. Superior Bloco Educacional
 ESCALA 1/125

ANEXO A – ANÁLISE DE CROMATÓGRAFO



Fortaleza, 05 de fevereiro de 2021.

De: Laboratório de Saneamento (Labosan)

Para: Prof. Tatiane

Assunto: Resultados de análises de amostra de água

Prezado Senhora,

Vimos através deste, apresentar os resultados da amostra trazida por V.Sa, as quais foram determinadas conforme o Standard Methods (APHA, 2005).

Parâmetro Caracterização Físico-Química	Metodologia	Resultado Amostra 01	Resultado Amostra 02
Sabor	Colorimétrico	Não objetável	Não objetável
Odor	Colorimétrico	Não objetável	Não objetável
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	eletrodo	59,3	75,5
Cloretos (mg/L)	IC	1,0081	1,4158
Nitrato (mg-N/L)	IC	0,1066	0,2985
Nitrito (mg-N/L)	IC	0,1699	0,8461
Sulfato (mg/L)	IC	1,3201	1,3590
Fluoreto (mg/L)	IC	0,6519	0,8313

Sendo: Amostra 01 (Água prefeitura) e Amostra 02 (Água laboratório).

IC (Cromatógrafo de íons).