



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

AUTOMAR GUÉDES DE LACERDA FILHO

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO PROVENIENTE DE
FONTE SUBTERRÂNEA PARA CONFECCÃO DE CONCRETO APÓS
UTILIZAÇÃO DO FILTRO CERÂMICO

ARARUNA

2022

AUTOMAR GUÉDES DE LACERDA FILHO

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO PROVENIENTE DE
FONTE SUBTERRÂNEA PARA CONFECCÃO DE CONCRETO APÓS
UTILIZAÇÃO DO FILTRO CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba, Campus
VIII, como parte dos requisitos para a obtenção
do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Materiais e componentes
de construção.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Adriana de
Freitas Mágero Ribeiro

ARARUNA

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L131a Lacerda Filho, Automar Guedes de.
Análise físico-química da água de amassamento
proveniente de fonte subterrânea para confecção de concreto
após utilização do filtro cerâmico [manuscrito] / Automar
Guedes de Lacerda Filho. - 2022.
64 p.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro
de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2022.
"Orientação : Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero
Ribeiro , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."
1. Engenharia civil. 2. Concreto. 3. Água. I. Título
21. ed. CDD 624

AUTOMAR GUÉDES DE LACERDA FILHO

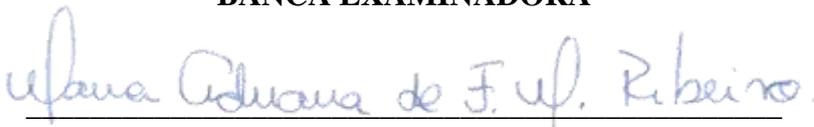
**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO PROVENIENTE DE
FONTE SUBTERRÂNEA PARA CONFEÇÃO DE CONCRETO APÓS
UTILIZAÇÃO DO FILTRO CERÂMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba, Campus
VIII, como parte dos requisitos para a obtenção
do título de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Materiais e componentes
de construção.

Aprovado em: 22/07/2022.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Ma. Lays Raianne Azevedo da Costa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Carlos Mavíael de Carvalho
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

A Deus.

Aos meus pais, Sr. Automar Guédes de Lacerda e a Sr.^a Maria do Socorro Belisário da Silva Lacerda pela dedicação, companheirismo, amizade e por dedicarem grande parte da vida deles a minha, assim DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu oportunidades, força de vontade e coragem para superar todos os desafios. Obrigado por me fazer perseverar e por me dar sabedoria para realização desse sonho.

Aos meus pais, Automar Guédes de Lacerda e Maria do Socorro Belisário da Silva Lacerda e ao meu irmão, Osni Belisário Lacerda, por terem me dado força e sustentabilidade financeira no início do curso para chegar a esse momento. Aproveito também a oportunidade para agradecer todo o aporte que me deram em casa e o amor dedicado. Vocês são os principais responsáveis por essa vitória.

À minha namorada Dijaiane Nielly pela dedicação oferecida, pelos momentos de companheirismo e pela compreensão aos momentos de ausência.

À minha orientadora, Maria Adriana, pela oportunidade de me orientar na conclusão deste trabalho, por toda paciência, orientação, integridade, ensinamentos e esclarecimentos repassados que ajudaram a enriquecer este trabalho.

Aos meus amigos/irmãos Alberto, Adson, Evandro, Lettycia e Thales que estão comigo desde o início da graduação, obrigado por todos os momentos, de descontração e estudo, sentirei muita falta de vocês. Vocês foram verdadeiramente minha família longe de casa, levarei todos comigo sempre.

Meus agradecimentos a todos meus familiares e amigos que não foram citados, mas que me ajudaram muito a chegar até aqui.

À empresa PB CONSTRUÇÕES E COMERCIO LTDA, em especial a Luan Nery e Jaelson Nery, pela oportunidade de realizar o estágio obrigatório com toda estrutura da empresa, além de dar todo o suporte necessário para o melhor aprendizado.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Dr. Carlos Mavial de Carvalho e Ma. Lays Raianne Azevedo da Costa, pelo interesse e disponibilidade.

Gostaria de agradecer a todo o corpo docente da UEPB – Universidade Estadual da Paraíba, Campus VIII, pelo seu apoio e compreensão nos últimos 5 anos, e que fizeram toda a diferença na minha formação. Em especial, pela cessão dos laboratórios da universidade e ao corpo de funcionários, principalmente a Kaká e Divaldo, por toda a ajuda durante a pesquisa e por toda a disposição em me ajudar sempre que necessário, com toda paciência e empenho adequado para realização das atividades.

RESUMO

A engenharia civil tem um encargo importante, referente à sustentabilidade, que fornecer alternativas sempre mais viáveis e atualizadas, quanto à gestão de materiais. Dentre esses materiais, destaca-se a água, na qual não tem uma boa distribuição e também fontes que não tem qualidade adequada para uso na construção civil. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a possibilidade de reutilizar água de rebaixamento de lençol freático como água de amassamento em corpos de prova de concreto após a utilização do filtro cerâmico como meio de purificação da água, como também comparar as características mecânicas do concreto e os parâmetros físicos e químicos da água. Foi realizado um estudo quanti-qualitativo por meio de ensaios laboratoriais para caracterização dos agregados, confecção de corpos de prova de concreto e análise física e química da água, com duas amostras, uma sendo água bruta e a outra água filtrada pelo filtro cerâmico. Ao analisar os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, observou-se que a água filtrada apresentou melhor resultado representado por um aumento de 8,66% na resistência à compressão quando comparada com a de água bruta, sendo este valor igual a $29,581 \pm 0,794$ MPa. Na análise física da água foi possível constatar que as duas amostras atenderam aos critérios de pH, cor e sólidos dissolvidos totais, sendo evidenciado que o filtro reduziu significativamente a cor e os sólidos dissolvidos totais, tendo como redução de 73,01% e 98,78%. Na análise química da água foi verificada diminuição nos cinco dos seis parâmetros analisados, sendo alcalinidade total, cloreto, fosfato, nitrato, sulfato e zinco, tendo como reduções de 14,23%, 33,33%, 31,81%, 100%, 19,15% e 69,35%, respectivamente, frisando que as duas amostras atenderam aos limites estabelecidos em norma. Por fim, é possível considerar a diminuição de alguns elementos da água que influenciam negativamente na resistência e qualidade do concreto, que são o fosfato, o nitrato, o zinco, o cloreto, a alcalinidade e os sólidos dissolvidos totais, bem como também a melhoria do pH. Outro ponto relevante foi o aumento da resistência à compressão do concreto com utilização da água tratada em comparação com a água bruta.

Palavras-Chaves: Água. Concreto. Filtro.

ABSTRACT

Civil engineering has an important role in terms of sustainability, which is to provide ever more viable and up-to-date alternatives in terms of material management. Among these materials, water stands out, in which it does not have a good distribution and also sources that do not have adequate quality for use in civil construction. In this sense, the present work aims to analyze the possibility of reusing groundwater lowering water as kneading water in concrete specimens after using the ceramic filter as a means of water purification, as well as to compare the mechanical characteristics of the concrete and the physical and chemical parameters of water. A quantitative-qualitative study was carried out through laboratory tests for the characterization of the aggregates, confection of concrete specimens and physical and chemical analysis of the water, with two samples, one being raw water and the other water filtered by the ceramic filter. When analyzing the results obtained in the compressive strength test, it was observed that the filtered water presented a better result represented by an increase of 8.66% in the compressive strength when compared to that of raw water, this value being equal to 29.581 ± 0.794 MPa. In the physical analysis of the water, it was possible to verify that the two samples met the criteria of pH, color and total dissolved solids, being evidenced that the filter significantly reduced the color and the total dissolved solids, with a reduction of 73.01% and 98, 78%. In the chemical analysis of the water, a decrease was observed in five of the six parameters analyzed, being total alkalinity, chloride, phosphate, nitrate, sulfate and zinc, with reductions of 14.23%, 33.33%, 31.81%, 100% , 19.15% and 69.35%, respectively, emphasizing that the two samples met the limits established by the norm. Finally, we can consider the considerable decrease of some water elements that negatively influence the strength and quality of concrete, which are phosphate, nitrate, zinc, chloride, alkalinity and total dissolved solids, as well as the improvement of the pH. Another point was the increase in the compressive strength of concrete with the use of treated water compared to raw water.

Keywords: Water. Concrete. Filter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Filtro utilizado na pesquisa.....	20
Figura 2 - Velas utilizadas na pesquisa	21
Figura 3 - Agregado miúdo utilizado na pesquisa.....	23
Figura 4 - Agregado graúdo utilizado na pesquisa.....	23
Figura 5 - Etapas desenvolvidas durante a pesquisa	25
Figura 6 - Amostras para realização do ensaio de teor de umidade	26
Figura 7 - Amostras na estufa.....	26
Figura 8 - Amostra de agregado miúdo utilizado para o ensaio de massa específica	27
Figura 9 - Recipiente utilizado para o ensaio de massa específica do agregado graúdo.....	27
Figura 10 - Amostras na estufa.....	28
Figura 11 - Série de peneiras	28
Figura 12 - Amostras de água.....	31
Figura 13 - Coleta da água proveniente do rebaixamento do lençol freático	31
Figura 14 - Equipamento para determinação da cor das amostras	32
Figura 15 - Equipamento para determinação do pH das amostras	32
Figura 16 - Equipamento para determinação dos sólidos dissolvidos totais das amostras	33
Figura 17 - Equipamento para determinação da alcalinidade das amostras.....	33
Figura 18 - Equipamento para determinação do cloreto das amostras.....	34
Figura 19 - Resultado do espectrofotômetro para o zinco da amostra de água filtrada	34
Figura 20 - Resultado do espectrofotômetro para o sulfato da amostra de água bruta	35
Figura 21 - Resultado do espectrofotômetro para o nitrato da amostra de água filtrada.....	35
Figura 22 - Ensaio do abatimento do tronco de cone	36
Figura 23 - Confeção dos corpos de prova	36
Figura 24 - Corpos de prova desmoldados	37
Figura 25 - Corpos de prova em cura submersa	37
Figura 26 - Ensaio de resistência à compressão	37
Figura 27 - Material retido em cada peneira	42
Figura 28 - Fabricação do concreto	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do agregado graúdo de acordo com o diâmetro máximo	29
Tabela 2 - Classificação do agregado miúdo de acordo com o módulo de finura.....	29
Tabela 3 - Características dos materiais utilizados para fabricação de concreto.....	29
Tabela 4 - Consumo de água aproximado (l/m^3).....	30
Tabela 5 - Volume compactado seco de agregado graúdo (m^3/m^3 de concreto).....	30
Tabela 6 - Traço calculado para cada fator água/cimento	31
Tabela 7 - Dados do ensaio de determinação do teor de umidade.....	38
Tabela 8 - Dados do ensaio de massa específica	38
Tabela 9 - Análise granulométrica do agregado miúdo.....	39
Tabela 10 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	39
Tabela 11 - Análise granulométrica do agregado graúdo	40
Tabela 12 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	41
Tabela 13 - Resistência à compressão em relação com o fator água/cimento.....	42
Tabela 14 - Resultado da análise de pH das amostras	43
Tabela 15 - Resultado da análise da cor das amostras.....	44
Tabela 16 - Resultado da análise de sólidos dissolvidos totais presentes das amostras	44
Tabela 17 - Resultado da análise da alcalinidade da água.....	45
Tabela 18 - Resultado da análise do cloreto da água.....	45
Tabela 19 - Resultado da análise do fosfato da água.....	46
Tabela 20 - Resultado da análise do nitrato da água	46
Tabela 21 - Resultado da análise do sulfato da água	46
Tabela 22 - Resultado da análise do zinco da água	47
Tabela 23 - Dados dos ensaios de resistência à compressão e do abatimento.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo.....	40
Gráfico 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Concreto Portland
a/c	Água/cimento
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
$F_{ck,28}$	Resistência à Compressão Estimada do Concreto à 28 dias
NBR	Norma Brasileira
pH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 Geral	16
2.2 Específicos	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 Disponibilidade e importância da água	17
3.2 Uso da água e desenvolvimento sustentável	17
3.3 Água de fontes subterrâneas	19
3.4 Filtro cerâmico.....	20
3.5 Componentes do concreto	21
3.5.1 Aglomerante.....	22
3.5.2 Agregados	22
3.5.3 Água de amassamento	24
4 METODOLOGIA	25
4.1 Tipologia do estudo	25
4.2 Caracterização dos agregados	26
4.2.1 Teor de umidade.....	26
4.2.2 Massa específica	27
4.2.3 Análise granulométrica.....	28
4.3 Definição do traço.....	29
4.4 Coleta das amostras de água	31
4.5 Análise física da água	32
4.5.1 Análise de parâmetros preliminares.....	32
4.5.2 Análise de sólidos dissolvidos totais.....	33
4.6 Análise química da água	33
4.7 Ensaio do abatimento do tronco de cone.....	35
4.8 Confecção dos corpos de prova	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5.1 Caracterização do agregado	38
5.1.1 Teor de umidade.....	38
5.1.2 Massa específica	38
5.1.3 Análise granulométrica.....	39
5.2 Definição do traço.....	42
5.3 Análise física da água	43

5.3.1	Análise de parâmetros preliminares.....	43
5.3.2	Análise de sólidos dissolvidos totais.....	44
5.3.3	Análise química da água.....	45
5.4	Ensaio de resistência à compressão	47
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS	51
	ANEXO A – Resultado dos ensaios físicos e químicos da amostra de água bruta	56
	ANEXO B – Resultado dos ensaios físicos e químicos da amostra de água filtrada	57

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores determinantes para evolução dos povos, é a abundância e a carência da água, uma vez que as disponibilidades hídricas superabundantes, em determinados territórios, tem sido aspecto de benefício ao desenvolvimento da fauna e flora de civilizações, em contrapartida, em outros territórios com escassez hídrica, reflete um aspecto impactante ao desenvolvimento.

O cenário atual vem exigindo inexoráveis mudanças de padrões de uso da água, envolvendo tanto consumidores residenciais quanto para utilização no setor industrial como um todo, visto que a crise da água iniciou e pesquisadores informam que deverá se prolongar no tempo e progredir ainda mais (SOUZA, 2016).

Dentre os principais fundamentos descritos no Art. 1º da Lei N° 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (Brasil, 1989), destaca-se que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, mas também, é um bem de domínio público. É imprescritível uma conduta sustentável com recursos naturais limitados, principalmente com a água.

São aproximadamente 7,5 bilhões de pessoas no planeta Terra, da qual essa quantidade vem crescendo gradativamente nos últimos anos, acarretando assim um revés de escassez de água em algumas localidades. Esse aumento da procura, em conjunto com problemas ambientais, por exemplo, impermeabilização do solo, contaminação, poluição, desmatamento, entre outros, tem afetado a quantidade dos pequenos reservatórios naturais de água doce, provocando uma escassez hídrica global sem precedentes. Deste modo, para combater essa necessidade, é possível utilizar as águas subterrâneas, que muitas das vezes são desvalorizadas, afetando negativamente o meio ambiente (REIS et al., 2018).

De acordo com Barborsa (2021), é necessário que ocorra uma redução no consumo da água de maneira em que não prejudique ou prejudique menos o meio ambiente, visto que a água é fonte de vida essencial e sua utilização demasiada pode afetar diretamente o mundo de maneira geral, dentre as formas mais graves, destacam-se a má distribuição desse recurso, a poluição e a seca.

A América do Sul concentra a maior parcela da água doce até o presente momento ao seu serviço, proporcionando aos países integrantes o privilégio de utilizá-la de modo sustentável em favor do conforto de sua população. Todavia, a distribuição dessa água não é feita de forma mais justa e acessível a todos (BONISSONI, 2015).

Pereira (2018) comenta sobre as inúmeras possibilidades de uso da água, imprescindível para a lavagem de roupas e utensílios, limpeza e correção de residências, produção de energia

elétrica, higiene pessoal, concepção de alimentos, enfrentamento a incêndios e na construção civil. O ramo da construção civil, mesmo não sendo responsável por significativa parcela do consumo mundial de água, é compreendida na qualidade de setor bastante expressivo, com enorme capacidade de contribuição esperada. Com uma ampla colaboração na economia brasileira e numerosos consumos de recursos naturais não renováveis, é uma parcela importante da indústria relacionada às primordialidades do ser humano.

Por meio da análise dos consumos de água e energia em canteiros de obra, é possível um zelo desses recursos com maior efetividade, de maneira que a corporação, em adição ao controle em torno do seu comportamento, mas também, a possibilidade de reconhecer prováveis lapsos nos sistemas e especialmente oportunidades de aprimoramento deles (MARQUES et al., 2017).

A função da engenharia civil, relacionada à sustentabilidade, é fornecer informações aos cidadãos, essas que são as descobertas científicas e as inovações tecnológicas, junto com a análise dos seus fundamentos de formação e suas consequências na sociedade, na cultura e na economia. Nesse contexto, demonstrar e confrontar diversas formas de raciocínio e de ação sobre o meio ambiente é também uma melhoria no consumo dos seus materiais (OLIVEIRA et al., 2018).

Na construção civil, um dos componentes mais importantes na produção de concretos e argamassas, é a água, que é imprescindível na umidificação do solo e na compactação de aterros. O estudo envolvendo a geologia do terreno, bem como o seu uso e ocupação na bacia, são conhecimentos relevantes na procura de fontes que proporcionam efeitos na qualidade da água (MOURA et al., 2010).

Propiciar uma análise quantitativa e qualitativa com intuito de assegurar determinado grau de participação dos sujeitos envolvidos, mas também, proporcionar uma ampliação do entendimento do termo sustentabilidade mais à frente da competência da aplicabilidade produtiva, são fatores importantes para a implementação de sistemas aptos para melhores aplicações sustentáveis de recursos escassos (VANZIN et al., 2013).

Um dos primeiros equipamentos comercializado no Brasil com a função de filtros, purificadores de água residenciais e bebedouros, foi o filtro cerâmico, mais conhecido como “filtro de barro”. É uma criação brasileira que reuniu cortes de cerâmicas desenvolvidas pelos indígenas e as velas, como elemento para filtração, apresentada pelos imigrantes da Europa (ORNELA, 2020).

O filtro cerâmico considerado como um dos instrumentos de fácil acesso. Almeida (2021) em sua pesquisa em Brasília, constatou que entre as famílias de baixa renda, cerca de 50% consumiam água utilizando filtros de barro ou água de poço. Da mesma forma, Rocha (2019) verificou que no município de Apodi-RN, das famílias que tratam água, aproximadamente 22,7% utilizam filtro de barro ou cerâmica. Similarmente, Magalhães et al. (2016) observou em torno de 80% das residências de Jiboia, localizado no semiárido baiano, utilizam filtro de barro. Já Santos et al. (2016), por meio de sua entrevista, teve como resultado que 53% dos entrevistados da comunidade de Viroleira-MG, fazem uso do filtro de barro.

Outro ponto a se abordar, é a defasagem da utilização de tratamentos que envolvam produtos químicos, por exemplo, o sulfato de alumínio, que é empregado com o papel de floculação dos sólidos. Restando então, a utilização do filtro cerâmico como forma de tratamento da água (DIAS; PEREIRA, 2021).

Com o objetivo de encontrar soluções de baixo custo, sustentáveis e simplificadas para os problemas abordados anteriormente, países de todo o globo terrestre tem pesquisado e analisado formas viáveis e de boa aplicabilidade para sanar diversos tipos de problemas, dentre eles uma melhor utilização da água, para atingir mais facilmente os parâmetros mínimos legislativos para os propósitos almejados.

Portanto, esse trabalho analisou a possibilidade de reutilizar água de fonte subterrânea por meio do emprego do filtro cerâmico como instrumento de purificação, para adequação da água de amassamento, em concreto. Nesse contexto, para análise dessa possibilidade, vão ser empregados ensaios de parâmetros físicos e químicos, tanto da água quanto para o emprego dela no concreto.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a utilização da água proveniente de fonte subterrânea, tratada por meio de filtro cerâmico, para confecção do concreto.

2.2 Específicos

- Coletar água de fonte subterrânea, em obra já iniciada, na cidade de João Pessoa – PB, bem como em situação de utilização da mesma;
- Analisar a água coletada, antes e após utilização dos filtros convencionais, através de ensaios físicos e químicos;
- Relacionar a qualidade da água analisada antes e após o uso de filtros convencionais;
- Realizar ensaios de caracterização dos agregados miúdo e graúdo utilizados para fabricação de concreto;
- Caracterizar o concreto por meio da realização do ensaio de resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos;
- Apresentar as principais vantagens e desvantagens da água originária de fontes subterrâneas para fabricação do concreto, antes e após utilização do filtro convencional.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Disponibilidade e importância da água

A busca pelo equilíbrio sociocultural, econômico e ambiental, são pautas em destaque nas reuniões pelo mundo, realizadas por representantes de países para debater e analisar providências com foco na promoção de um desenvolvimento sustentável da água (BARROS, 2017). Um dos problemas que afeta todo o mundo é a escassez de água, que independentemente de apresentar uma porcentagem de 12% da água doce do planeta Terra, em território brasileiro, a má distribuição da mesma gera uma preocupação em torno da crise hídrica. A condição aparenta ser contrária, levando em consideração que todos aprendemos que grande parte do globo terrestre é composto por água, aproximadamente 75% (BARBOSA, 2021).

O contexto de que unicamente 2,5% da água da Terra é de água doce, é um dos levantamentos mais abordados nos debates sobre sua disponibilidade, logo, descomunal parcela de água é salina ou salgada, localizada principalmente nos oceanos. Dessa parcela de 2,5% de água doce disponível, 30,1% são águas subterrâneas (CANSI, 2021).

Como aponta TUCCI (2017), desde o século passado a evolução econômica e social do mundo tem sido essencialmente urbana, através da produção do processo de concentração da procura dos recursos naturais em espaços reduzidos, vem comprometendo a sustentabilidade da população. Nos dias que correm, a pesquisa do uso dos recursos hídricos é limitada ao consumo da população, visto que a procura de tal recurso, junto com os impactos gerados, é diretamente ligado significativamente ao uso humano.

Embora tenha essa demasia, os recursos hídricos presentes em território brasileiro não são inexauríveis, mas também o acesso a fonte não é igual para todos (SOUZA, 2016). Nas próximas décadas a procura por água deverá aumentar significativamente, pois além do setor agrícola, é esperado grandes aumentos da procura de água para a indústria e produção de energia. Junto a isso, manifesta-se a qualidade da água em todo o globo, que está cada vez mais ameaçada, diretamente ligada a proporção que a população cresce (PEREIRA, 2018).

3.2 Uso da água e desenvolvimento sustentável

A utilização demasiada da natureza pode levar a escassez da própria água, em quantidade ou qualidade para a produção agroindustrial, mas essencialmente necessária a própria sobrevivência humana. A investigação pelo desenvolvimento econômico não pode ser feita de qualquer maneira, visto que o valor precificado pela sociedade pode ser imensurável,

mas também, existe a finitude da natureza e os problemas sociais gerados. Envolvendo esses fatores, a busca pelo desenvolvimento sustentável se faz necessário.

O aperfeiçoamento do equilíbrio entre as sustentabilidades: sociais, econômicas e ambientais, requer não apenas uma compreensão das atividades econômicas, como a capacidade de entendimento da capacidade biológica, que se faz necessária para absorver as influências ambientais ocasionadas pelo ser humano. A definição mais desenvolvida sobre sustentabilidade é a procura de como o planeta pode providenciar recursos suficientes para garantir o conforto do ser humano, em toda parte (SILVA et al., 2013).

Cansi (2021) também comenta que a sustentabilidade aparece tanto no cenário nacional quanto no transnacional, da forma que possibilita a solução no aspecto de uma nova consciência, que deve ser desenvolvida pela população, com o objetivo de projetar uma evolução de proteção do meio ambiente. Direcionando ao elemento água, a ideia é a conservação do recurso natural, junto com a adoção de planos que possibilitem renovar o recurso em carência, com o intuito de enfrentar o que o autor chama de “guerra mundial da água.

Oliveira et al. (2018) afirma que a análise da importância da sustentabilidade na construção civil e as maneiras de reaproveitamento de água é primordial, visto que comprovou o aumento da preocupação com o meio ambiente e a responsabilidade com as gerações futuras, em uma sociedade globalizada e que consome em uma proporção crescente, conseqüentemente, são impactados com os efeitos relacionados a forma irresponsável que se cuida do meio ambiente.

A questão ambiental foi inserida na agenda da política mundial como pauta de forma irrevogável, em virtude dos fenômenos que passaram a ser compreendidos de forma global. Cada ação tomada por um país, pode afetar significativamente no meio ambiente, não só na região que está inserido, mas também, no planeta, levando isso em consideração, tem como consequência uma atitude ambientalmente irresponsável (LEITE, 2011).

O autor ainda afirma que nos dias atuais, especificamente no mercado da construção civil, já existem algumas práticas incorporadas na direção da sustentabilidade, tais práticas, que objetivam a diminuição dos valores muitas vezes que também visam reduzir o consumo de recursos naturais.

O Ministério do Meio Ambiente afirma que o setor da construção civil tem papel primordial para a mudança dos focos globais do desenvolvimento sustentável, no objetivo de reduzir os impactos provocados pela construção, surge o desafio da construção sustentável. Ele

enumera diversos desafios, entre eles destacam-se: direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso, gestão ecológica da água, redução do uso de materiais com alto impacto ambiental e a redução dos resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), o Produto Interno Bruto (PIB) da construção cresceu 9,7% em 2021, demonstrando um impacto considerável no rol de gestão de obras, principalmente nos objetivos ligados à sustentabilidade.

Na construção civil, quem visa um projeto com certificação sustentável, os primeiros aspectos que surgem são o consumo e a gestão eficiente da água, visto que são um dos requisitos mais relevantes para o desenvolvimento de edifícios sustentáveis (BARBOSA, 2021). Em confronto com a situação de escassez dos recursos hídricos no Brasil, é importante uma pesquisa mais aprofundada das propriedades da água para amassamento do concreto estrutural (BRANDÃO et al., 2019).

3.3 Água de fontes subterrâneas

A água subterrânea é um bem econômico e de procedência fundamental de abastecimento para consumo e utilização humana, em especial para os moradores da zona rural, que não têm acesso à rede pública de abastecimento (BONISSONI, 2015). No Semiárido do Nordeste, onde estão localizados rios intermitentes, a alternativa mais viável para conseguir água durante as épocas de estiagem, é perfurar um buraco na areia do leito seco do rio, para conseguir água (BRAGA et al., 2014).

Como todo procedimento no ramo da construção civil, a construção de poço artesiano também deve satisfazer as especificações das normas em atuação da legislação do país, mas também, as normas técnicas, com o objetivo de evitar impactos negativos ao meio ambiente e aos usuários. O emprego de poços artesanais no início da construção de um novo projeto é viável como aquisição de água no canteiro de obras e para proporcionar uma redução de custos no orçamento da obra (JÚNIOR et al., 2019).

De acordo com Santos, Viana e Roriz (2021), em sua pesquisa obtiveram que o consumo de água por meio de poços artesanais como satisfatória, visto que os poços apresentaram uma boa vazão e conseguiram satisfazer as demandas necessárias em todas as etapas. Os autores não descartaram a necessidade de um controle regular de qualidade da água.

3.4 Filtro cerâmico

É possível considerar que: “Os filtros de barro ou cerâmica são constituídos por um reservatório cilíndrico superior, onde é instalado o elemento filtrante e um reservatório cilíndrico inferior, onde fica armazenada a água filtrada” (VALENTINI et al., 2019, p.7).

De acordo com Ornela (2020), comenta que um dos grandes responsáveis por aumentar quantitativo de água potável e utilizado nas residências é o filtro de cerâmica, visto que em regiões que não tem um tratamento adequado de água, uma solução é sua utilização.

O filtro trabalha pela ação da gravidade, ou seja, a água colocada no reservatório superior desloca-se através da vela e é gotejada no reservatório cilíndrico inferior, que pelas propriedades do material cerâmico, preserva a água sempre “fresca” (ALVES; ASSIS, 1999; BELLINGIERI,2004 apud XAVIER, 2010, p. 35).

Tem como função retirar partículas em suspensão de forma a permitir a desinfecção, mas também, armazenar água no domicílio. No processo de filtração, que remove eventuais resíduos e elimina micro-organismos resistentes à cloração, o filtro cerâmico propicia uma tecnologia de baixo custo, porém é necessário a limpeza das paredes internas e das velas (DIAS, 2017). A Figura 1 apresenta o filtro empregado na pesquisa.

Figura 1 - Filtro utilizado na pesquisa



Fonte: Autor (2021)

O filtro cerâmico tem como características vantajosas a sua fácil manutenção, proporcionando uma fácil limpeza dos reservatórios e velas que o compõe, mas também, destaca-se a importância da recomendação da tampa estar sempre fechada para não afetar sua vazão (XAVIER, 2010). Para facilitar a troca dos seus componentes, ele possui um

agrupamento de encaixe de borrachas de silicone e de rosca, que proporcionam uma espécie de impedimento de vazamentos, quando em contato com as paredes dos reservatórios (NASCIMENTO & DONADONI, 2015). As velas utilizadas na pesquisa são apresentadas a seguir, através da Figura 2.

Figura 2 - Velas utilizadas na pesquisa



Fonte: Autor (2021)

Concomitantemente, um processo notado pelos usuários do filtro de barro é a refrigeração da água interna, ou seja, a água localizada no filtro com o passar do tempo vai ficando mais gelada. Isso ocorre pela evaporação da água existente nas paredes do filtro, que detêm o calor da água, conseqüentemente, a sua utilização tem êxito tanto para climas quente quanto para secos (SAMPAIO, 2020).

3.5 Componentes do concreto

Em se falando de estruturas de concreto, destaca-se a sua durabilidade, que para tal, deve ser considerada dois fatores. O primeiro é relacionado com os materiais empregados na estrutura, ou seja, concreto e aço. Nesse contexto, tem-se os elementos que compõe o concreto propriamente dito, isto é, o cimento, a água, os agregados, as adições minerais e os aditivos, mas também, a dosagem dos elementos que o constrói. Segundamente, tem-se a localização como um todo onde a estrutura está inserida, levando em consideração vários fatores

direcionados ao meio ambiente que podem causar desgastes em estruturas de concreto, por exemplo, o clima, os ambientes ácidos, os poluentes como dióxido de carbono presente na atmosfera e as variações térmicas (GRILLO, 2014).

3.5.1 Aglomerante

O cimento tem como definição pedra proveniente de rochedos. Este, tem como arranjo químico, derivados de rochas calcárias, que tem como característica um composto químico seco, que suporta ação mecânica por último moído. Após misturado com água, dá início à uma reação devagar, definida como pega, originando-se uma nova matéria, chamada de pasta, se torna sólida por meio da reação química (SOUZA, 2016).

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos complexos, ao serem misturados com água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, que pode então oferecer elevado resistência mecânica (NEVILLE, 2013).

3.5.2 Agregados

Segundo Grillo (2014), os agregados são materiais que não reagem com a água e nem com os produtos de hidratação, responsáveis por cerca de 60 a 80% da dimensão do concreto. Eles desenvolvem um papel fundamental no valor do concreto, visto que seu valor é inversamente proporcional a seu volume, ou seja, o concreto será mais barato quando a quantidade de agregados no concreto for menor. Com o objetivo de obter a melhor versão do concreto estrutural, mas também, a sua economia de produção, é necessário entender melhor os materiais que o constituem e suas influências nas propriedades tanto do concreto fresco quanto no endurecido (JUNIOR, 2015).

Buttler (2003) destaca que a responsável pela massa unitária, módulo de elasticidade e estabilidade dimensional do concreto é a fase do agregado. Já a massa específica do agregado graúdo influi de modo direto na massa específica do concreto, responsável por proporcionar a resistência do concreto, ou seja, a resistência será menor quando tiver um maior índice de vazios do agregado, conseqüentemente, tornará a mistura fraca.

Agregado miúdo normal ou corrente, é definido como areia natural quartzosa ou como pedrisco resultado do britamento de rochas estáveis, com dimensões de partículas tais que no máximo 15% ficam retidos na peneira de abertura de malha quadrada igual a 4,8 milímetros. Quando temos um máximo de 15% passando na peneira de 4,8 milímetros, temos o que é

chamado de agregado graúdo, que é o pedregulho natural, seixo rolado ou pedra britada, oriunda do britamento de rochas estáveis (MOREIRA, 2004). A Figura 3 apresenta o agregado miúdo empregado na pesquisa.

Figura 3 - Agregado miúdo utilizado na pesquisa



Fonte: Autor (2021)

De acordo com Metha e Monteiro (1994), a expressão areia é constantemente empregada para o agregado miúdo, resultado da desintegração natural e abrasão da rocha ou do processamento de calcário friável. A expressão pedra britada é o resultado da britagem industrial de pedras de bola. Os dois elementos são utilizados com um meio de cimentação para produzir a argamassa de cimento hidráulico ou o concreto. A seguir, a Figura 4 apresenta o agregado graúdo utilizado na pesquisa.

Figura 4 - Agregado graúdo utilizado na pesquisa



Fonte: Autor (2021)

3.5.3 Água de amassamento

Como foi visto, na construção civil, a água quando misturada ao cimento desempenha importante papel, pois proporciona uma reação química fundamental denominada de hidratação. A quantidade adicionada deverá permitir a consistência necessária para o emprego do concreto. A evaporação da água do traço deve ser feita de forma gradativa para melhor cura do concreto.

Em boa parte dos serviços de engenharia, é utilizada a água, que influencia de forma direta a segurança da obra, bem como na qualidade, em razão disso, deve satisfazer certas qualidades químicas, por exemplo, atender os parâmetros exigidos pelas normas técnicas e ser sem impurezas que comprometam a estrutura (JÚNIOR, 2015).

Júnior (2015) ainda comenta que as impurezas existentes na água podem afetar negativamente a pega do cimento ou a resistência do concreto. Durante a preparação do concreto, o coeficiente água/cimento está diretamente relacionado à resistência do concreto, pois embora a água seja benéfica para a trabalhabilidade do concreto, seu excesso pode reduzir significativamente sua resistência.

Dado que a água sai à medida que evapora, isso se deve à formação de poros na argamassa endurecida. Como resultado, o controle de umidade nas misturas de concreto aumenta, seja durante a dosagem inicial, durante o transporte, ou mesmo durante a cura do concreto e onde são utilizados aditivos.

Nota-se ainda a importância dos profissionais participar efetivamente do controle da água durante o processo de concretagem, pois esses cuidados podem significar a minimização de fatores negativos que afetam a qualidade do concreto (MOLIN et al., 2016).

4 METODOLOGIA

4.1 Tipologia do estudo

Foi produzido um estudo quali-quantitativo, no qual foram averiguados e avaliados os dados obtidos na análise física da água (pH, cor aparente, sólidos dissolvidos totais, temperatura e odor), na análise química da água (alcalinidade, cloreto, fosfato, nitrato, sulfato e zinco), na caracterização dos agregados miúdo e graúdo (teor de umidade, análise granulométrica e massa específica) e, por fim, nos ensaios de abatimento do tronco de cone e resistência à compressão do concreto, todos os dados e ensaios realizados com amostras antes da utilização do filtro cerâmico, mas também, após o processo de filtração do filtro cerâmico.

A metodologia abordada conteve uma sequência de ensaios em laboratório para caracterização dos agregados, confecção de corpos de prova de concreto, realizados no Laboratório de Materiais da Universidade Estadual da Paraíba, localizado no Campus VIII, e análise físico-química da água, realizado pelo Laboratório Mais Água Serviços e Testes e Análises Técnica LTDA.

A amostra de água proveniente do rebaixamento do lençol freático foi coletada em uma obra localizada na cidade de João Pessoa – PB, no mês de dezembro de 2021. Os materiais empregados para confecção do concreto (cimento, areia e brita) foram adquiridos em uma loja de materiais de construções no município de Araruna – PB. As etapas desenvolvidas durante a pesquisa estão expostas na Figura 5.

Figura 5 - Etapas desenvolvidas durante a pesquisa



Fonte: Autor (2022)

4.2 Caracterização dos agregados

4.2.1 Teor de umidade

O ensaio foi realizado seguindo a norma DNER-ME 213:1994, onde foi praticado em triplicata. Inicialmente foram pesados os cadinhos utilizados e colocado aproximadamente 10g do agregado úmido nos mesmos. As amostras utilizadas na pesquisa estão expostas na Figura 6.

Figura 6 - Amostras para realização do ensaio de teor de umidade



Fonte: Autor (2021)

Logo após, as amostras foram colocadas na estufa a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas (Figura 7). Por último, o conjunto cadinho e agregado foi pesado novamente, e com os dados obtidos, foi possível determinar a quantidade de água presente na amostra pela diferença entre as massas do agregado miúdo úmido e seco.

Figura 7 - Amostras na estufa



Fonte: Autor (2021)

4.2.2 Massa específica

O ensaio foi produzido conforme as normas ABNT NBR NM 52:2009 e ABNT NBR NM 53:2009, para o agregado miúdo e graúdo, nesta ordem.

Para o agregado miúdo, inicialmente foi pesado 500g do agregado que foi então colocado em um recipiente graduado e pesado o conjunto. O recipiente foi cheio com água até a marca de 500 ml e movido para eliminar as bolhas de ar, que por fim, foi pesado para determinar a massa total do conjunto (Figura 8).

Figura 8 - Amostra de agregado miúdo utilizado para o ensaio de massa específica



Fonte: Autor (2021)

De modo similar, para o agregado graúdo foi utilizado 4000 g do agregado, onde foi preciso fabricar um recipiente suficiente para suportar o peso proporcionado pelo agregado e a água, o recipiente criado foi feito com madeira de pinho, com dimensão 25x20x20 cm (Figura 9).

Figura 9 - Recipiente utilizado para o ensaio de massa específica do agregado graúdo



Fonte: Autor (2021)

O resultado da massa específica é conseguido através da relação entre a massa do agregado e seu volume. Dado que as massas específicas dos agregados miúdo e graúdo foram utilizadas para a dosagem de concreto, os experimentos foram realizados com os agregados úmidos, de modo que elimina o procedimento de secagem apresentado na norma.

4.2.3 Análise granulométrica

No início, as amostras foram colocadas em estufa a uma temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas (Figura 10), sendo o ensaio realizado utilizando uma amostra de aproximadamente 1000 g do agregado miúdo seco e quarteadado e 5000 g do agregado graúdo, sendo por fim pesado o material retido em cada peneira,

Figura 10 - Amostras na estufa



Fonte: Autor (2021)

O peneiramento foi realizado seguindo a norma ABNT NBR NM 248:2003, onde foi feito pelo tipo manual, no qual foi utilizado as peneiras de abertura iguais a 25; 19; 12,5; 9,5; 6,3; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3 e 0,15 mm. A série de peneiras utilizada para pesquisa está apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Série de peneiras



Fonte: Autor (2021)

Com a massa retida em cada peneira, foi capaz de caracterizar a dimensão máxima característica, que é a malha da peneira na qual o percentual de massa retida acumulada é igual ou inferior a 5%. Por meio da Tabela 1 é possível observar a classificação do agregado graúdo de acordo com o diâmetro máximo característico.

Tabela 1 - Classificação do agregado graúdo de acordo com o diâmetro máximo

Tipo	Diâmetro (mm)
Brita 0	4,8 a 9,5
Brita 1	9,5 a 19
Brita 2	19 a 25
Brita 3	25 a 38
Brita 4	38 a 76

Fonte: Adaptado de DOS SANTOS (2010)

Além disso, os dados da análise granulométrica determinam a classificação do agregado miúdo de acordo com o módulo de finura (Tabela 2). Onde o módulo de finura é obtido por meio do somatório das percentagens da massa retida acumulada dividido por 100.

Tabela 2 - Classificação do agregado miúdo de acordo com o módulo de finura

Tipos	Módulo de finura - MF	Utilização
Areia Grossa	MF > 3,3	Concreto e Chapisco
Areia Média	2,4 < MF < 3,3	Emboço e Concreto
Areia Fina	MF < 2,4	Reboco

Fonte: Adaptado de RIBEIRO (2002)

4.3 Definição do traço

O método utilizado para a dosagem do concreto, foi o método da Associação Brasileira de Concreto Portland (ABCP), onde é necessário saber as características do aglomerante e dos agregados utilizados, exposto na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Características dos materiais utilizados para fabricação de concreto

Massa específica do cimento (CP II - E 32)	3,06 kg/dm ³
Massa específica da areia	1,515 kg/dm ³
Massa específica da brita	1,428 kg/dm ³
Módulo de finura do agregado miúdo	2,84
Diâmetro máximo do agregado graúdo	25 mm

Fonte: Autor (2022)

De início, foi determinada a resistência à compressão estimada do concreto à 28 dias ($F_{c,28}$) utilizando a resistência à compressão característica ($F_{c,k}$) de 25 Mpa e o desvio padrão condição A ($S_d = 4,0\text{Mpa}$), sendo este utilizado quando o cimento e os agregados foram medidos em massa e a água de amassamento medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados. Sendo assim, o $F_{c,28}$ foi igual a 31,6 MPa.

A partir disso, foi possível determinar a relação água cimento (a/c) com o auxílio da Curva de Abrams, o valor obtido foi de 0,5. No entanto, foi utilizado também o valor de 0,4, com o objetivo de selecionar o mais adequado para confecção do concreto.

Apoiado nisso, o consumo de água foi determinado através do abatimento do concreto, com isso, adotando um abatimento de 40 a 60 mm, e do diâmetro do agregado graúdo, com o auxílio da Tabela 4.

Tabela 4 - Consumo de água aproximado (l/m^3)

Abatimento (mm)	Dmáx agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: Adaptado de CURTI (2017)

Para o consumo de cimento, foi determinado através da razão entre o consumo de água e o fator a/c e o de agregado graúdo foi obtido pela multiplicação entre o volume compactado seco da brita e a massa unitária compactada, exposto na Tabela 5.

Tabela 5 - Volume compactado seco de agregado graúdo (m^3/m^3 de concreto)

Módulo de finura	Diâmetro máximo do agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fonte: Adaptado de CURTI (2017)

Por fim, foi calculado o consumo da areia, onde foi obtido por meio da multiplicação do volume da areia e a massa específica. Exposto na Tabela 6 todos os consumos, onde foram divididos pelo consumo do cimento, obtendo-se enfim o traço, conforme apresenta a Tabela 6.

Tabela 6 - Traço calculado para cada fator água/cimento

Fator a/c	Traço
0,4	1 : 0,239 : 2,210 : 0,4
0,5	1 : 1,807 : 2,762 : 0,5

Fonte: Autor (2022)

4.4 Coleta das amostras de água

Seguindo a ABNT NBR 15900-2:2009, foram coletadas as amostras de água (Figura 12), no qual foram coletadas em garrafas PET de água mineral, que foram previamente lavadas com a própria água da fonte das amostras.

Figura 12 - Amostras de água



Fonte: Autor (2021)

A coleta da água de rebaixamento do lençol freático (Figura 13) foi desempenhada na cidade de João Pessoa – PB, onde foi visitado um canteiro de obra, localizada na Avenida Maria Rosa, 1257 – Manaíra. A fonte direta de água estava impossibilitada, sendo assim, a coleta de água foi feita através de uma tubulação que ligava de forma direta o rebaixamento do lençol freático ao solo.

Figura 13 - Coleta da água proveniente do rebaixamento do lençol freático



Fonte: Autor (2021)

Conforme dispõe na norma ABNT NBR 15900-2:2009, a coleta das amostras deve ser feita com o auxílio de uma bomba de extração, onde os dutos devem ser previamente lavados antes da coleta e os recipientes devem ser cheios. Caso não tenha a devida bomba para auxiliar, o recipiente deve ser totalmente submerso dentro da água e aberto para entrada da água.

4.5 Análise física da água

4.5.1 Análise de parâmetros preliminares

Para a realização dos ensaios e obtenção dos resultados, foi feito um contrato com o laboratório + Água Laboratório de Excelência, localizado na cidade de João Pessoa-PB. Para cor aparente foi utilizado o medidor de cor, apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Equipamento para determinação da cor das amostras



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Para realização do ensaio de determinação do pH (Figura 15), foi utilizado o medidor multiparâmetros, utilizado para obtenção de diversos parâmetros, dentre eles o pH.

Figura 15 - Equipamento para determinação do pH das amostras



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

4.5.2 Análise de sólidos dissolvidos totais

De maneira análoga, a fim de determinar os sólidos dissolvidos totais das amostras, foi utilizado o medidor multiparâmetros (Figura 16).

Figura 16 - Equipamento para determinação dos sólidos dissolvidos totais das amostras



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

4.6 Análise química da água

Da mesma maneira, a análise química das amostras foi feita pelo laboratório +Água Laboratório de Excelência. Inicialmente foram feitos os ensaios de determinação da alcalinidade e cloreto, ambas foram feitas por meio da titulação, em vidrarias (Figura 17 e Figura 18).

Figura 17 - Equipamento para determinação da alcalinidade das amostras



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Figura 18 - Equipamento para determinação do cloreto das amostras



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Por fim, foram feitos os ensaios para determinação do fosfato, do sulfato, do nitrato e do zinco das amostras, todos os parâmetros foram determinados pelo espectrofotômetro. Por meio das Figuras 19, 20 e 21 são apresentados os resultados do ensaio do zinco, do sulfato e do nitrato, pelas Figuras 19, 20 e 21, respectivamente.

Figura 19 - Resultado do espectrofotômetro para o zinco da amostra de água filtrada



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Figura 20 - Resultado do espectrofotômetro para o sulfato da amostra de água bruta



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Figura 21 - Resultado do espectrofotômetro para o nitrato da amostra de água filtrada



Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

4.7 Ensaio do abatimento do tronco de cone

Seguindo a ABNT NBR NM 67:1998, de início, foi umedecido o molde e a placa de base com a água utilizada para o traço utilizado e colocado o molde sobre a placa. Após apoiar o molde no chão, os pés foram posicionados sobre suas aletas. Em seguida, o mesmo foi preenchido por três camadas com alturas aproximadamente iguais, no qual cada camada foi compactada através de 25 golpes da haste de socamento. Enfim, a placa de base foi limpa e foi retirado o molde, levantando-o cuidadosamente na direção vertical. A Figura 22 apresenta os equipamentos utilizados para o ensaio do abatimento do tronco de cone.

Figura 22 - Ensaio do abatimento do tronco de cone



Fonte: Autor (2021)

4.8 Confeção dos corpos de prova

Seguindo a norma ABNT NBR 5738:2015, inicialmente, os moldes cilíndricos de dimensões iguais a 10 cm x 20 cm foram revestidos internamente com uma camada de desmoldante para possibilitar a retirada do corpo de prova de maneira mais segura e adequada. Em seguida, o concreto foi então colocado dentro dos moldes em duas camadas de volume aproximadamente igual, e logo depois, cada camada foi compactada por meio de uma haste, utilizando-se 12 golpes. Por fim, após a compactação da última camada, foi realizado o rasamento da superfície com a utilização de uma colher de pedreiro (Figura 23).

Figura 23 - Confeção dos corpos de prova



Fonte: Autor (2021)

Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e colocados em cura úmida até o dia do rompimento, nas condições exigidas pela norma ABNT NBR 5739:2018 (Figura 24 e Figura 25).

Figura 24 - Corpos de prova desmoldados



Fonte: Autor (2021)

Figura 25 - Corpos de prova em cura submersa



Fonte: Autor (2021)

Além de tudo, a cura realizada nesta etapa da pesquisa é a mais tradicional e mais similar ao que é utilizado nos canteiros de obra, visto que pode ser facilmente encontrada nas obras, mas também, demonstra como ponto positivo evitar a molhagem frequente da superfície do concreto.

Por último, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão aos 28 dias de cura, através da prensa hidráulica. Onde foi feito, antes do início do ensaio, a limpeza das faces dos pratos e do corpo de prova, em seguida, o corpo de prova foi colocado cuidadosamente centralizado no prato inferior, com auxílio dos círculos homocêntrico de referência. Logo depois, o carregamento do ensaio foi aplicado de forma contínua, crescente e sem choques, sendo finalizado quando ocorrer a ruptura do corpo de prova (Figura 26).

Figura 26 - Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Autor (2021)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização do agregado

5.1.1 Teor de umidade

Os resultados obtidos com o ensaio de determinação do teor de umidade do agregado miúdo estão expostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados do ensaio de determinação do teor de umidade

Cadinho	Massa do Recipiente, m (g)	Massa úmida, um (g)	Massa bruta úmida, m _{bu} (g)	Massa bruta seca, m _{bs} (g)	Teor de umidade, h (%)
1	7,99	10,04	18,03	17,93	1,006
2	7,81	10,03	17,84	17,74	1,007
3	7,76	10,01	17,77	17,68	0,907

Fonte: Autor (2022)

Através da Tabela 7 nota-se que o teor de umidade da areia analisada é igual a $1,006 \pm 0,057\%$. Por meio desse resultado do teor de umidade, é preciso descontar na quantidade total de água utilizada para confecção do concreto, sendo um importante parâmetro, visto que influencia diretamente na relação a/c da do traço.

5.1.2 Massa específica

Os resultados obtidos com o ensaio da massa específica para os agregados estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Dados do ensaio de massa específica

Agregado	Massa do agregado (g)	Volume do agregado (ml)	Massa específica (kg/dm ³)	Massa específica (kg/m ³)
Miúdo	500,00	330,00	1,52	1515,15
Graúdo	4000,93	2800,00	1,43	1428,90

Fonte: Autor (2022)

A análise da massa específica do agregado é outro fator importante para a dosagem do concreto, dado que serve como elemento para influência na transformação de massa em volume ou vice-versa, mas também, para os cálculos de consumo de materiais a serem empregados na produção do concreto.

5.1.3 Análise granulométrica

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Como resultado, tem-se a curva granulométrica, pois mostrará as quantidades de cada tipo de solo que existe no local especificado, sendo crucial para se determinar o tipo de construção e de fundação que deverão ser executados em cada local. A Tabela 9 aborda a distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Tabela 9 - Análise granulométrica do agregado miúdo

Peneira	Retido (g)	Retido (%)	Acumulado (g)	Acumulado (%)
4,8	48,6	4,87	48,6	4,87
2,4	77,93	7,80	126,53	12,67
1,2	158,2	15,84	284,73	28,51
0,6	262,84	26,32	547,57	54,82
0,3	312,35	31,27	859,92	86,10
0,15	114,01	11,41	973,93	97,51
Fundo	24,87	2,49	998,8	100,00
Total	998,8	100	-	-

Fonte: Autor (2022)

Através dos dados da Tabela 9, observa-se que o agregado apresenta um diâmetro máximo igual a 4,8 mm e módulo de finura igual a 2,84, com isso é observado que está na zona utilizável especificado pela ABNT NBR 7211:2009, sendo classificado como areia grossa.

Geralmente esse tipo de areia é utilizado na construção civil, principalmente para utilização no reboco, mas também, na confecção de concreto. Segundo a ABNT NBR 7211:2009, mesmo os agregados com distribuição granulométrica fora das zonas delimitadas podem ser usados.

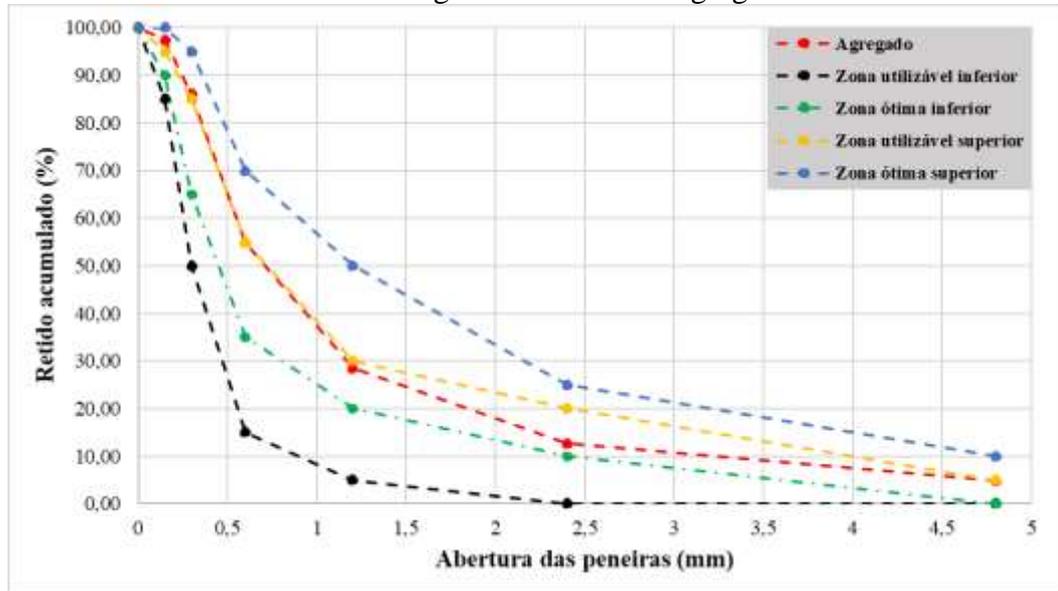
Tabela 10 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira (mm)	Limite inferior (%)		Limite superior (%)	
	Útil	Ótimo	Útil	Ótimo
4,8	0	0	5	10
2,4	0	10	20	25
1,2	5	20	30	50
0,6	15	35	55	70
0,3	50	65	85	95
0,15	85	90	95	100
0	100	100	100	100

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 7211 (2009)

A partir dos dados da análise granulométrica do agregado miúdo é possível desenvolver o gráfico da curva de distribuição granulométrica para o agregado miúdo (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Curva granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Autor (2022)

Apesar da distribuição dos grãos não esteja uniforme, pois grande parte do material ficou retido nas peneiras de abertura igual a 0,15 mm e 0,3 mm, a curva granulométrica está dentro do limite útil, podendo o agregado miúdo, ser utilizado para confecção de concreto.

Tabela 11 - Análise granulométrica do agregado graúdo

Peneira	Retido (g)	Retido (%)	Acumulado (g)	Acumulado (%)
25	0	0,00	0	0,00
19	66,41	1,34	66,41	1,34
12,5	2205,2	44,37	2271,61	45,70
9,5	1828,75	36,79	4100,36	82,49
6,3	793,13	15,96	4893,49	98,45
4,8	57,32	1,15	4950,81	99,60
2,4	12,93	0,26	4963,74	99,86
1,2	0,67	0,01	4964,41	99,88
Fundo	6,17	0,12	4970,58	100,00

Fonte: Autor (2022)

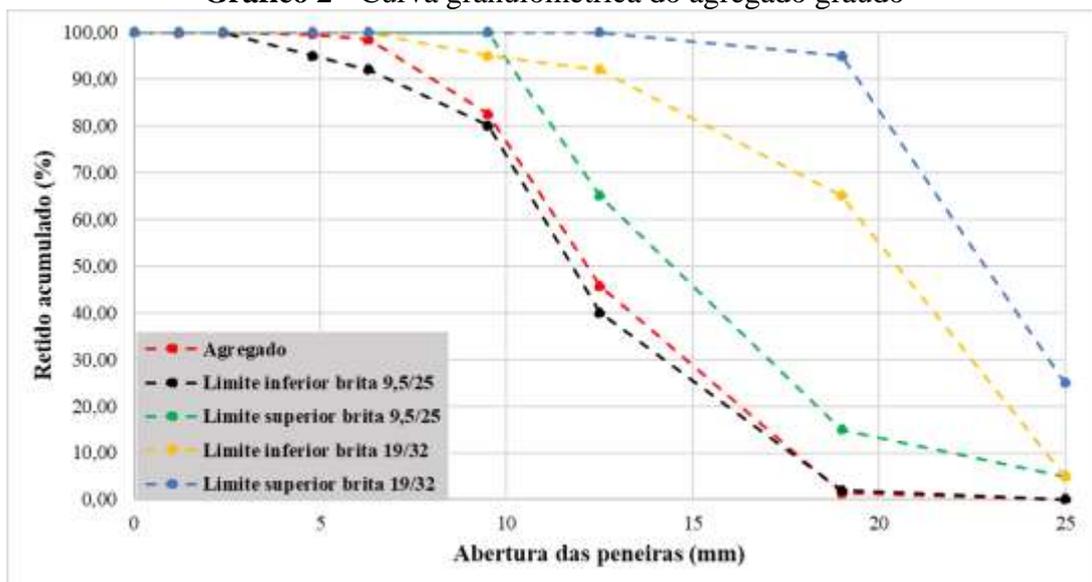
No que se refere ao agregado graúdo, pode-se concluir que apresenta um agregado máximo 25 mm, sendo catalogado como Brita 2, apontada como a brita mais adequada para utilização no concreto. Da mesma maneira que o agregado miúdo, a distribuição granulométrica do agregado graúdo deve atender aos limites estabelecidos na Tabela 12, elencados na ABNT NBR 7211:2009.

Tabela 12 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira (mm)	Limite Brita 9,5 / 25 (%)		Limite Brita 19 / 32 (%)	
	Útil	Ótimo	Útil	Ótimo
25	0	5	5	25
19	2	15	65	95
12,5	40	65	92	100
9,5	80	100	95	100
6,3	92	100	100	100
4,8	95	100	100	100
2,4	100	100	100	100
1,2	100	100	100	100
0	100	100	100	100

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 7211(2009)

A seguir o Gráfico 2 apresenta as curvas de distribuição granulométrica para o agregado graúdo.

Gráfico 2 - Curva granulométrica do agregado graúdo

Fonte: Autor (2022)

De maneira análoga ao agregado miúdo, o agregado graúdo também não apresenta uma distribuição uniforme dos grãos, pois grande parte do material ficou retido nas peneiras de abertura igual a 9,5 mm e 12,5 mm. O material retido em cada peneira está apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Material retido em cada peneira

Fonte: Autor (2021)

5.2 Definição do traço

Com a finalidade de definir o traço, foram confeccionados corpos de prova para serem rompidos aos 7 e 28 dias de cura, com o objetivo de verificar se a resistência à compressão calculada atendia à avaliação do concreto para 28 dias de cura. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Resistência à compressão em relação com o fator água/cimento

Água	Relação água/cimento	Resistência à compressão (Mpa)	
		7 dias	28 dias
Água	0,4	29,413	37,083
Tratada	0,5	17,366	28,887

Fonte: Autor (2022)

Observa-se que os traços com fator a/c igual a 0,4 e 0,5 atenderam à resistência estimada do concreto para 28 dias de cura, sendo o traço escolhido na pesquisa, o com fator a/c igual a 0,4 por apresentar maior resistência à compressão. A seguir a Figura 28 mostra a fabricação do concreto através da betoneira utilizada na pesquisa.

Figura 28 - Fabricação do concreto

Fonte: Autor (2021)

5.3 Análise física da água

5.3.1 Análise de parâmetros preliminares

Os limites apresentados, para os valores dos parâmetros da água, pela ABNT NBR 15900-1:2009 devem ser satisfeitos. Não obstante, a água que não satisfazer as exigências estabelecidas pela norma ainda podem ser usadas, mas só quando comprovados que é adequada para uso em concreto. A seguir, as Tabelas 14 e 15, abordam os resultados da análise do pH e cor da água, respectivamente.

Tabela 14 - Resultado da análise de pH das amostras

Amostra	pH
Água Bruta	7,85
Água Filtrada	9,63

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Segundo a ABNT NBR 15900-1:2009, o pH deve ser maior que 5, portanto, as duas amostras atendem a essa exigência. A relevância do pH na estrutura do concreto está associada a um fenômeno natural do concreto, intitulado carbonatação, sendo resultado da reação de elementos do cimento com a água, resultando no carbonato de cálcio e formando absorção de CO₂ no ambiente, conseqüentemente, sendo benéfico em termos de diminuição do Efeito Estufa. Entretanto, produz a degradação, eflorescências e a oxidação da armadura (OLIVEIRA et al., 2018).

Tabela 15 - Resultado da análise da cor das amostras

Amostra	Cor (mg/L)
Água Bruta	103,0
Água Filtrada	27,8

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

A ABNT NBR 15900-1:2009 especifica que a cor deve ser correlatada qualitativamente com a água potável devendo ser amarelo claro a incolor, com exceção para a água recuperada de processos de preparação do concreto. Após a utilização do filtro cerâmico houve uma diminuição de aproximadamente 73,01% da cor da água, em mg/L.

5.3.2 Análise de sólidos dissolvidos totais

Por definição, temos que os sólidos dissolvidos totais são uma quantidade de material dissolvido na água. Este material pode incluir o seguinte: carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio, sódio, íons orgânicos e outros íons. Os dados obtidos estão expostos na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultado da análise de sólidos dissolvidos totais presentes das amostras

Amostra	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
Água Bruta	163,00
Água Filtrada	1,98

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

De acordo com a ABNT NBR 15900-1:2009 o limite máximo de sólidos dissolvidos totais é igual a 50.000 mg/L. Nota-se pelos resultados apresentados na Tabela 16, que as duas amostras estão de acordo com o limite estabelecido pela norma, mas também, que o uso do filtro cerâmico proporcionou a amostra de água filtrada uma diminuição considerável de aproximadamente 98,8% dos sólidos, em mg/L, podendo ser considerado muito próximo a zero.

A presença de sedimentos faz com que a relação de água/cimento diminua, conseqüentemente, proporcionando ao concreto a perda de trabalhabilidade. Essa presença também influencia na diminuição do abatimento, visto que é influenciado pela função do número de sólidos totais presentes na água (MALAGUTI, 2016).

5.3.3 Análise química da água

De forma análoga a análise física da água, a análise química da água também deve atender aos limites apresentados na ABNT NBR 15900-1:2009. As Tabelas 17, 18, 19, 20, 21 e 22 apresentam os resultados da análise da alcalinidade, do cloreto, do fosfato, do nitrato, do sulfato e do zinco, respectivamente.

Tabela 17 - Resultado da análise da alcalinidade da água

Ensaio (mg/L em CaCO ₃)	Amostra	
	Água Bruta	Água Filtrada
Alcalinidade Total	130,10	111,58
Alcalinidade de Hidróxido	0,00	0,00
Alcalinidade de Carbonato	0,00	37,18
Alcalinidade de Bicarbonato	130,10	74,40

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

A ABNT NBR 15900-1:2009 especifica que a alcalinidade não deve exceder 1500 mg/L, se esse limite for excedido, a água pode ser usada apenas se for comprovado que foram tomadas ações preventivas quanto à reação álcali-agregado, conforme a ABNT NBR 15577-1:2018. Nota-se pela Tabela 17 que houve uma redução de 14,23% de alcalinidade, da amostra da água filtrada em comparação com a água bruta.

Tabela 18 - Resultado da análise do cloreto da água

Amostra	Cloreto (mg/L em Cl)
Água Bruta	53,41
Água Filtrada	35,61

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

A ABNT NBR 15900-1:2009 define como teores máximos de cloreto em água para amassamento de 500, 1000 e 45000 mg/L, para concreto protendido ou graute, concreto armado e concreto simples (sem armadura), respectivamente. Nota-se pela Tabela 18 que houve uma redução de 33,33% do cloreto, da amostra da água filtrada em comparação com a água bruta.

Os íons de cloreto ocasionam danos na armadura do concreto armado, por meio da corrosão, visto que um simples íon pode reagir com os íons de Ferro em solução no decorrer de toda a vida de uma estrutura (LIMA; MORELLI, 2004).

Segundo Fonseca (2020), a primeira área afetada pelos íons de cloreto é a que envolve fissuras, originando regiões anódicas, no seu interior, e regiões catódicas, no seu exterior. Com

isso, a velocidade de progresso provém da abertura da fissura, da qualidade do concreto e da relação área catódica/anódica.

Tabela 19 - Resultado da análise do fosfato da água

Amostra	Fosfato (mg/L em CaCO₃)
Água Bruta	0,22
Água Filtrada	0,15

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Seguindo o parâmetro de fosfato em água de amassamento da ABNT NBR 15900-1:2009, tem-se que o teor máximo do mesmo é de 100 mg/L. Nota-se pela Tabela 19 que houve uma redução de 31,81% do fosfato, da amostra da água filtrada em comparação com a água bruta. Vieira (2017) em sua pesquisa, notou que os concretos elaborados com substituição de 10% do consumo de cimento por estéril de fosfato e cinza de eucalipto, embora não atenda aos requisitos de autoadensabilidade, que é o objetivo de sua pesquisa, observou que o concreto apresentou resistências semelhantes ao concreto sem adições. Concluindo que a utilização desses parâmetros no concreto é muito viável relacionado à sustentabilidade.

Tabela 20 - Resultado da análise do nitrato da água

Amostra	Nitrato (mg/L em N)
Água Bruta	0,01
Água Filtrada	0,00

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Segundo a ABNT NBR 15900-1:2009, o teor máximo de nitrato em água de amassamento aceitável é de 500 mg/L. Nota-se pela Tabela 20, que a utilização do filtro cerâmico ocasionou na extinção de nitrato na amostra de água. Quanto maiores forem os níveis de nitrato na água, maior será a sua intensidade de cor da solução (SILVA, 2021).

Tabela 21 - Resultado da análise do sulfato da água

Amostra	Sulfato (mg/L em SO₄)
Água Bruta	47,00
Água Filtrada	38,00

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Observa-se pela Tabela 21 que houve uma redução de 19,15% do sulfato, da amostra da água filtrada em comparação com a água bruta. A ABNT NBR 15900-1:2009 menciona o teor máximo de sulfato em água de amassamento sendo como 2000 mg/L. O sulfato está entre os maiores agentes agressivos ao concreto de fundações, agindo a partir de fenômenos físico-

químicos. Sendo sua ocorrência natural nos solos e em águas, no caso de ser inviável o impedimento de contato do concreto com a água com sulfato, o único modo de defesa será por meio da eficácia do controle de qualidade (CESÁRIO, 2014).

Lapa (2008) menciona que o contato de água com teor elevado de sulfato com a pasta de cimento Portland, elas têm uma tendência a hidrolisar ou dissolver os produtos que contém cálcio. Visto que devido a solubilidade alta em água pura do hidróxido de cálcio é mais sensível à eletrólise, ocasionando a lixiviação, que ocasiona também a perda de resistência e também efeitos prejudiciais na estética.

Tabela 22 - Resultado da análise do zinco da água

Amostra	Zinco (mg/L em Zn)
Água Bruta	0,62
Água Filtrada	0,19

Fonte: + Água Laboratório de Excelência (2021)

Segundo a ABNT NBR 15900-1:2009, o teor máximo de zinco na água de amassamento é de 100 mg/L. Nota-se pela Tabela 22 que houve uma redução de 69,35% do zinco, da amostra da água filtrada em comparação com a água bruta. O elemento zinco, metal menos nobre do que o aço, contido em água de amassamento é responsável pelo retardamento do tempo de pega do concreto, ele provavelmente por efeito químico, também é responsável pelo aumento da resistência à compressão em idades mais avançadas (VARGAS, 2002).

5.4 Ensaio de resistência à compressão

Para cada traço, foram moldados seis corpos de prova em laboratório, totalizando 24 corpos de prova, sendo 12 para água bruta e 12 para água filtrada, onde cada tipo de água utilizada foi dividido na metade para a relação a/c de 0,4, e a outra metade para relação a/c de 0,5. A Tabela 23 aborda os resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão e do abatimento do tronco de cone.

Tabela 23 - Dados dos ensaios de resistência à compressão e do abatimento

Água	Relação água/cimento	Resistência à compressão (MPa)	Abatimento (cm)
Água Bruta	0,4	29,581 ± 0,794	2,5
	0,5	20,193 ± 3,637	2,5
Água Filtrada	0,4	32,386 ± 0,292	3,0
	0,5	25,417 ± 0,618	2,0

Fonte: Autor (2022)

Nota-se que, pela análise dos resultados apresentados na Tabela 23, a resistência dos corpos de prova à compressão que foram empregados a água tratada, atenderam a resistência pretendida (25 Mpa) para os dois traços utilizados, diferentemente dos corpos de prova que foram empregados a água bruta, que atenderam a resistência pretendida apenas com o traço com relação a/c de 0,5. Segundo a ABNT NBR 6118:2014, a resistência à compressão mínima para uso em concreto estrutural é de 20 Mpa, logo, o concreto feito com a água bruta e com o traço com relação a/c de 0,5 também seria útil.

Não obstante, deve ser considerado que alguns parâmetros analisados, dentre eles o sulfato e o pH, fazem com que aconteça um maior decréscimo na resistência à compressão, porém são mais significantes a longo prazo (CESÁRIO, 2014).

Odpes, Michalovicz e Bilotta (2018) concluíram em sua pesquisa que a utilização da água de poço é uma alternativa viável financeiramente e sustentavelmente. Na empresa foco da pesquisa, notaram que futuramente irá existir uma tendência ainda maior de aumento do valor da água e da tarifa cobrada pelo uso da água, logo, o custo médio da água para o setor industrial irá ser afetado diretamente, com isso a utilização da água de poço artesiano é a alternativa mais vantajosa e útil.

De Souza et al. (2018) concluíram em sua pesquisa, a três poços freáticos da cidade de Araruna – PB, que foram utilizados para a produção de concreto e argamassa, que as águas subterrâneas utilizadas dos poços freáticos estudados, são adequadas ao uso como água de amassamento na produção de argamassa e concreto.

Por fim, em relação ao ensaio de abatimento do tronco de cone, nenhuma das amostras de água atenderam ao limite estimado da dosagem (4 cm a 6 cm). Mas segundo a ABNT NBR NM 67:1998, os resultados do abatimento não agem diretamente na resistência à compressão, sendo apenas um método para medição da consistência do concreto.

Uma solução viável para resolver essa consistência abaixo do esperado, seria a implementação de algum aditivo que tenha influência na trabalhabilidade do concreto, fazendo com que o abatimento do concreto tenha um aumento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando se iniciou o trabalho de pesquisa constatou-se que havia uma dúvida sobre o potencial da água de lençol freático após a utilização do filtro cerâmico, como potencial meio de purificação e adequação para utilizar como água de amassamento.

Diante disso, as atividades planejadas para a pesquisa foram desenvolvidas com êxito, desde a coleta de água, a análise antes e depois, a realização dos ensaios de caracterização dos agregados miúdo e graúdo utilizados para fabricação de concreto, e por fim, caracterizar o concreto por meio da realização do ensaio de resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos. Atendendo assim, as expectativas positivas esperadas na etapa de planejamento da pesquisa, encontrando os parâmetros físicos e químicos que possibilite o emprego do filtro cerâmico como intermediário da adequação da água proveniente do rebaixamento de lençol freático para água de amassamento.

Além disso, a pesquisa teve como objetivo geral a análise da utilização da água proveniente de fonte subterrânea, verificando as alterações físico-química das propriedades da água, antes e após o uso de filtros convencionais, para utilização na construção civil, por meio da avaliação das propriedades mecânicas de corpos de prova de concreto confeccionados com utilização da mesma. Foi constatado que o objetivo geral foi atendido, pois a análise dos parâmetros estudados ficou dentro dos limites estabelecidos pelas normas ABNT NBR 15900-1:2009, ABNT NBT 6118:2014 e ABNT NBR 7211:2009.

Outro ponto importante da pesquisa foi a apresentação das principais vantagens e desvantagens da água originária de fontes subterrâneas para fabricação do concreto, antes e após utilização do filtro convencional. Inicialmente, como vantagens é possível considerar a diminuição considerável de alguns elementos da água que influenciam negativamente na resistência e qualidade do concreto, que são o fosfato, o nitrato, o zinco, o cloreto, o pH, a alcalinidade e os sólidos dissolvidos totais, bem como também a melhoria do pH. Não obstante, como vantagem tem-se também o aumento de resistência à compressão do concreto com utilização da água tratada em comparação com a água bruta.

No ensaio de resistência à compressão, o concreto que foi produzido com a água filtrada apresentou resistência maior em comparação ao concreto que foi utilizado a água bruta, demonstrando assim a eficiência da filtração da água por meio do filtro cerâmico voltado a produção de concreto.

Dentre as desvantagens é possível destacar como ponto crucial da pesquisa o baixo número de corpos de prova produzidos, podendo ter uma defasagem considerável, visto que o

campo de pesquisa foi exíguo, comparado a um assunto bem mais complexo e de estudos a longo prazo, para assim, ter resultados com mais convencimento do potencial do filtro cerâmico.

Como recomendação, tem-se para pesquisas futuras nessa área, um planejamento mais amplo para dar a devida atenção a dimensão abrangida pela utilização do filtro cerâmico como meio para adequar a água para utilização no concreto. Outro ponto importante, é a diversidade de pontos de coleta para analisar com maior precisão as variedades apresentadas por solos e ambientes diferentes, fazendo com que encontre outros parâmetros que influenciem na qualidade da água de poço.

Diante desse cenário, outra recomendação considerável, é fazer questionamentos diversos dos apresentados no presente trabalho, como análise de outros elementos, mas também, outros fatores que possam potencializar ainda mais o filtro cerâmico para esse fim, como número de velas utilizadas ou materiais diferentes para fazer o trabalho de filtração.

Por fim, recomenda-se também a utilização de um número maior de pontos de coleta das amostras, para com isso ter uma maior certeza de parâmetros diversos, mas também, para ter uma área de atuação mais abrangente. Dessa forma, seria possível encontrar um resultado com acurácia e com adequação para margens de erro. Sob outra perspectiva, tem-se também a limitação quanto à quantidade de pessoas ligadas ao projeto, quanto à coleta de dados, já que nesse trabalho, diante da limitação de tempo, limitação geográfica e limitação de recursos financeiros, só foi possível analisar uma área pequena.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. 1 ed. São Paulo, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parâmetros da Dosagem Racional do Concreto**. 34º Reunião de Técnicos da Indústria do Cimento. 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15577: Agregados - Reatividade álcali-agregado - Parte 1: Guia para avaliação da reatividade potencial e medidas preventivas para uso de agregados em concreto**. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto - Parte 2: Coleta de amostras para ensaio**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados miúdo - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: Agregados miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.
- ALMEIDA, M. A. A. L. dos S. **Análise semiquantitativa de microplásticos na água de torneira na cidade de Brasília-Distrito Federal**. 2021.
- BARBOSA, L. D. A. **Sustentabilidade na construção civil: reuso da água**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 7, n. 7, p. 296-301, 2021.
- BARROS, J. P. R. **Análise de eficiência de um filtro com leito de areia associado a resíduos de vidro da construção civil no tratamento de água cinza**. 2017.

BONISSONI, N. **O acesso à água potável como um instrumento para o alcance da sustentabilidade**. Empório do Direito, 2015.

BRAGA, R. A. P.; PAIVA, A. L. R.; FILHO, P. F. A.; CABRAL, J. J. S. P.; SILVA, A. V. da; GUSMÃO, P. T.; CAVALCANTI, E.; FARIAS, C. R.; COSTA, W. D. **A sustentabilidade do uso da água subterrânea frente à exploração de areias em leito de rios do semiárido brasileiro**. XVIII congresso brasileiro de águas subterrâneas, 2014.

BRANDÃO, A. S.; CABRAL, A. E. B.; DEUS, Ê. P. de; SILVA, W. K. D. da; SILVA, W. M. M. da. **Estudo de caso: uso de água recuperada na construção civil**. Revista DAE, 67(217), 34–46, 2019.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**, 2010. Construção Sustentável. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanizamo-sustentavel/construcao-sustentavel.html>. Acesso em: 19 jan. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei_9.433-1997?OpenDocument Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 19 jan. 2022.

BUTTLER, A. M. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto: influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2003.

CESÁRIO, A. P. **Análise do desempenho do concreto utilizado em fundações submetido à ataque por sulfato**. 2014.

CURTI, R. **Propriedades e dosagem do concreto**. 2017.

DE SOUZA, J. G. **Análise das condições das águas de poços freáticos, de cidade no semiárido brasileiro, utilizadas como água de amassamento na produção local de concreto e argamassa**, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Método de ensaio ME – 213/1994**.

DIAS, A. P. **Saneamento**. EPSJV, 2017.

DIAS, M. S. B.; PEREIRA, A. C. **Tecnologias descentralizadas apropriadas para tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais: estudo de caso para uma comunidade rural de Simonésia–Minas Gerais**. ForScience, v. 9, n. 2, 2021.

DOS SANTOS, F. A. R. A.; MARTINS, M. R. **Determinação da composição granulométrica do agregado graúdo (NBR NM–248/2003)**, 2010.

FONSECA, K. H. F. de. **Estudo do ataque por cloreto de sódio em concreto convencional**. 2020.

FRANCINE, C. **Água, economia circular e sustentabilidade: elementos teóricos para um ordenamento jurídico transnacional**. Tese de Doutorado. Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante, 2021.

GRILLO, R. H. F. **Estudo da influência de aditivos redutores de água em concretos da construção civil**, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PIB da construção fecha o ano com crescimento de 9,7%, a maior alta em 11 anos**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/>. Acesso em: 26 mai. 2022.

JÚNIOR, A. S. M.; RIBEIRO, K. A.; PEREIRA, C. D.; CHAVES, J. S.; CARLOS, M. A. M.; DOS REIS, N. P. R. **Análise do padrão de qualidade para reuso de água em canteiro de obras**. INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797), v. 7, n. 1, p. 40-59, 2019.

JÚNIOR, E. R. **Propriedades dos materiais constituintes do concreto**. Revista Especializem, 2015.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia, Especialização em Construção Civil–Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LEITE, V. F. **Certificação ambiental na construção civil–Sistemas LEED e AQUA**. Belo Horizonte, 2011.

LIMA, M. G. de; MORELLI, F. **Caracterização da agressividade do ambiente marinho às estruturas de concreto**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica-ITA, São José dos Campos, São Paulo. p. 1-20, 2004.

MAGALHÃES, T. S. E. S. DE; LARANJEIRA, D. B. S.; SANTOS, D. B. DOS; SIMAS, K. D. S.; FILHO, A. F. L. **Cisternas de placas no assentamento Jiboia semiárido**. Cadernos Macambira, 2016.

MALAGUTI, V. dos S. **Reuso de água e resíduos gerados pela lavagem de caminhões betoneiras: análise do efeito na resistência à compressão de concreto usinado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade**. Ambiente construído, v. 17, p. 79-90, 2017.

MONTEIRO, P. J. M.; MEHTA, P. K. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, p. 161-166, 1994.

MOLIN, D. C. C. D.; MASUERO, A. B.; ANDRADE, J. J. de O.; POSSAN, E.; MASUERO, J. R.; MENNUCCI, M. M. **Contribuição à previsão da vida útil de estruturas de concreto. Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: materiais e sustentabilidade**, 2016.

MOREIRA, A. R. **Apostila de tecnologia do concreto**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2004.

- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. **A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama-Distrito Federal.** Química nova, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.
- NASCIMENTO, J. de C.; DONADONI, M. C. **Filtros Grutta: resgatando a cultura dos filtros cerâmicos por gravidade.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.
- NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto.** Bookman Editora, 2013.
- ODPPES, R. J.; MICHALOVICZ, D. T.; BILOTTA, P. **Reuso de água em indústria de fabricação de estruturas em concreto: uma estratégia de gestão ambiental.** Revista Tecnologia e Sociedade, v. 14, n. 34, 2018.
- OLIVEIRA, A. L. de; SOARES, J. P.; D'AVILA, P. R. **Sustentabilidade na construção civil: Possibilidades de efetivação por meio do reaproveitamento de água,** 2018.
- OLIVEIRA, E. A. de; CAMPOS, A. M. L. da S.; OLIVEIRA, M. do P. S. L.; GUERREIRO, M. J. C. de S.; DINIS, M. A. P. **Implicações ambientais do ph no concreto permeável utilizado como pavimento na BR-319 (amazonas-brasil),** 2018.
- ORNELA, M. D. A. **Coevolução entre regulamentações governamentais e respostas organizacionais: estudo de caso sobre o setor de tratamento de água no Brasil.** Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2020.
- PEREIRA, E. C. **Avaliação do uso e consumo de água na construção civil.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.
- REIS, H. A. dos; LEAL, I. C.; MEIRELES, N. D.; OLIVEIRA, N. C.; JUNIOR, M. G. da S. **Reaproveitamento de água subterrânea em construção civil.** Anuário Acadêmico-científico da UniAraguaia, v. 7, n. 1, p. 74-79, 2018.
- RIBEIRO, C. C. **Materiais de construção civil.** Editora UFMG, 2002.
- ROCHA, B. T. G. da. **Índice e classificação da insegurança hídrica domiciliar no município de Apodi-RN.** Universidade Federal do Ceará, 2019.
- SAMPAIO, A. L. P. **Proposta de sistema construtivo em terra ensacada com incorporação de manipeira em substituição à água.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.
- SANTOS, D. M.; VIANA, W. J. R. **Estudo de caso: Utilização de poços artesianos como fonte de abastecimento, para construção de casas unifamiliares de alto padrão, em condomínios horizontais,** 2021.
- SANTOS, S. M. dos; PEREIRA, L. A.; PEREIRA, E. L.; MEIRA, A. D. **Percepção higiênico sanitária das comunidades rurais violeira e buieíé do distrito de viçosa-mg.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 14, n. 2, p. 1044-1057, 2016.
- SILVA, C. S. F. D. **Avaliação da qualidade de águas para amassamento.** 2021.

SILVA, V. de P. R. da; ALEIXO, D. de O.; NETO, J. D.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. de. **Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 100-105, 2013.

SOUZA, M. É. S. de. **Processo de gestão para utilização da água para indústria da construção civil: um estudo de caso.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, 2016.

TUCCI, C. E. M. **Indicador de sustentabilidade hídrica urbana. Revista Gestão de Água da América Latina**, v. 14, p. 1-12, 2017.

VALENTINI, C. M. A.; LIMA, S. M. DE; ZAQUE, R. A. M.; SOUZA, F. S. C. DE; ALBANO, P. M. F.; BENEVENTO, G. PIETRO. **Água de beber: um olhar sobre a possibilidade do reuso da água de ar-condicionado para fins potáveis.** Biodiversidade, v. 18, n. 3, 2019.

VANZIN, M.; KATO, O.; FELIZZOLA, J., & SILVA, L. M. S. **Avaliação do uso da água em propriedades agroecológicas, a partir de indicadores de sustentabilidade.** Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.

VARGAS, A. S. de. **Estudo da viabilidade do uso do pó de aciaria elétrica a arco na confecção de blocos de concreto para pavimentação.** 2002.

VIEIRA, S. P. **Propriedades do concreto autoadensável com diferentes tipos de adições.** 2017.

XAVIER, R. P. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano.** 2010.

ANEXO A – Resultado dos ensaios físicos e químicos da amostra de água bruta



LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS E TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA
 Contato: (83) 9.98197-7186 / Instagram: @analisemaisagua / E-mail: analisemaisagua@gmail.com

RELATÓRIO DE ENSAIO		N° RELATÓRIO:	
EMISSÃO DO RELATÓRIO		DATA:	
		1102	
		07/12/2021	
DADOS DO SOLICITANTE			
EMPRESA	-		CNPJ / CPF
ENDEREÇO	AV. MARIA ROSA, 1269		CEP
BAIRRO	MANAIRA		CIDADE - UF
TELEFONE	(83) 9.9619-3963		JOAO PESSOA - PB
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	AUTOMAR GUEDES DE LACERDA FILHO		
DADOS DA AMOSTRA			
DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	AGUA DE POÇO BRUTA		
DATA / HORA DA COLETA	03/12/2021 / 07:50hs		
LOCAL DA COLETA	AGUA DE POÇO (BRUTA)		
CONDIÇÕES DA AMOSTRA	<input checked="" type="checkbox"/> T° C AMBIENTE <input type="checkbox"/> REFRIGERADO <input type="checkbox"/> CONGELADO		
RELATÓRIO DE ENSAIO FÍSICO			
ENSAIO	RESULTADO	VALOR DE REFERÊNCIA (VMP)	
COR APARENTE	103 uH	<15 uH	
pH	7,85	6,0 – 9,0	
SOLIDOS DISSÓLVIDOS TOTAIS	163 ppm	< 500 ppm	
TEMPERATURA	23,8 °C	-	
ODOR	0,0 Intensidade	6	
RELATÓRIO DE ENSAIO QUÍMICO			
ENSAIO	RESULTADO	VALOR DE REFERÊNCIA (VMP)	
ALCALINIDADE TOTAL (mg/L em CaCO ₃)	130,10	-	
ALCALINIDADE DE HIDROXIDO (mg/L em CaCO ₃)	0,00	-	
ALCALINIDADE DE CARBONATO (mg/L em CaCO ₃)	0,00	-	
ALCALINIDADE DE BICARBONATO (mg/L em CaCO ₃)	130,10	-	
CLORETO (mg/L em Cl)	53,41	< 250,00	
FOSFATO (mg/L em CaCO ₃)	0,22	-	
NITRATO (mg/L em N)	0,01	< 10,00	
SULFATO (mg/L em SO ₄)	47,00	< 250,00	
ZINCO (mg/L em Zn)	0,62	< 5,0	

Abreviatura: VMP: Valor Máximo Permitido; UFC: Unidade Formadora de Colônia

Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017.

Informações Adicionais: Portaria GM/MS nº888, de 04 de Maio de 2021. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO
 ENGENHEIRO DE MATERIAIS
 MSc. OSCAR BORGES MELO

Av. Júlia Freire, nº1106, Sala 306, Torre, João Pessoa - PB
 |CNPJ: 43. 374.196/0001-97
 Licença Sanitária: N° 06294 M 2021 I
 Licença SEMAM:307/2021

ANEXO B – Resultado dos ensaios físicos e químicos da amostra de água filtrada

**LABORATÓRIO: MAIS ÁGUA SERVIÇOS E TESTES E ANÁLISES TÉCNICAS LTDA**

Contato: (83) 9.98197-7186 / Instagram: @analismaisagua / E-mail: analisemaisagua@gmail.com

RELATÓRIO DE ENSAIO	Nº RELATÓRIO:	1101
EMIÇÃO DO RELATÓRIO	DATA:	07/12/2021

DADOS DO SOLICITANTE			
EMPRESA	-	CNPJ / CPF	-
ENDEREÇO	AV. MARIA ROSA, 1269	CEP	58038-461
BAIRRO	MANAIRA	CIDADE - UF	JOAO PESSOA - PB
TELEFONE	(83) 9.9619-3963		
RESPONSÁVEL PELA SOLICITAÇÃO	AUTOMAR GUEDES DE LACERDA FILHO		

DADOS DA AMOSTRA			
DESCRIÇÃO DA AMOSTRA	ÁGUA DE POÇO FILTRADA		
DATA / HORA DA COLETA	03/12/2021 / 07:50hs		
LOCAL DA COLETA	ÁGUA FILTRADA		
CONDIÇÕES DA AMOSTRA	<input checked="" type="checkbox"/> T° C AMBIENTE	<input type="checkbox"/> REFRIGERADO	<input type="checkbox"/> CONGELADO

RELATORIO DE ENSAIO FÍSICO		
ENSAIO	RESULTADO	VALOR DE REFERÊNCIA (VMP)
COR APARENTE	27,8 uH	<15 uH
pH	9,63	6,0 – 9,0
SOLIDOS DISSÓLVIDOS TOTAIS	1,98 ppm	< 500 ppm
TEMPERATURA	23,8 °C	-
ODOR	0,0 Intensidade	6

RELATORIO DE ENSAIO QUÍMICO		
ENSAIO	RESULTADO	VALOR DE REFERÊNCIA (VMP)
ALCALINIDADE TOTAL (mg/L em CaCO ₃)	111,58	-
ALCALINIDADE DE HIDROXIDO (mg/L em CaCO ₃)	0,00	-
ALCALINIDADE DE CARBONATO (mg/L em CaCO ₃)	37,18	-
ALCALINIDADE DE BICARBONATO (mg/L em CaCO ₃)	74,40	-
CLORETO (mg/L em Cl)	35,61	< 250,00
FOSFATO (mg/L em CaCO ₃)	0,15	-
NITRATO (mg/L em N)	0,00	< 10,00
SULFATO (mg/L em SO ₄)	38,00	< 250,00
ZINCO (mg/L em Zn)	0,19	< 5,0

Abreviatura: VMP: Valor Máximo Permitido; UFC: Unidade Formadora de Colônia

Metodologias: APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23ª ed. 2017.

Informações Adicionais: Portaria GM/MS nº888, de 04 de Maio de 2021. Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada. Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.

CRQ: 19.3.00292 – XIX REGIÃO
ENGENHEIRO DE MATERIAIS
MSc. OSCAR BORGES MEILO

Av. Júlia Freire, nº1106, Sala 306, Torre, João Pessoa - PB
| CNPJ: 43. 374.196/0001-97
Licença Sanitária: N° 06294 M 2021 I
Licença SEMAM:307/2021