CAPÍTULO 53 · Parte IV · Qualidade e normatização
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/k15t4912
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/fff7hc60

ANALISE FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS UTILIZADAS PARA O AMASSAMENTO DO CONCRETO DAS OBRAS PÚBLICAS DO ESTADO DA PARAÍBA

Lívia Nayara Nóbrega de Melo[1]*, Dr. Edmilson Dantas Da Silva Filho[2]; Me. Elnatan Lins da Costa [3]; Dra. Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça [4]
* livianayaramais@gmail.com

[1] Graduanda em Construção de Edifícios, Instituto Federal da Paraíba, Campina Grande, Brasil
[2] Doutor em Engenharia Agrícola, Instituto Federal da Paraíba, Campina Grande, Brasil
[3] Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais, Instituto Federal do Amapá, Macapá, Brasil
[4] Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil

RESUMO

Este estudo, teve por objetivo verificar a qualidade da água ofertada em quatro obras públicas do estado da Paraíba para a utilização no amassamento de concreto e posteriormente verificando a compatibilidade com a legislação vigente, à NBR 15900-1/2009. A metodologia consistiu na visita a essas obras para coleta das amostras e em seguida foram realizadas análises laboratoriais com procedimentos de titulação e colorimetria, como pH (potencial hidrogeniônico), alcalinidade (mg/L), cloretos (mg/L), condutividade elétrica (µScm-1), salinidade (mg/L), dureza total (mg/L), dureza de cálcio (mg), dureza de magnésio (mg/L, concentração de Fosfatos (mg/L) e Sulfatos(mg/L). Os resultados da pesquisa indicaram que apesar de todas as obras utilizarem originalmente água fornecida pela CAGEPA, diversas amostras apresentaram alteração nos parâmetros, em razão do armazenamento e manejo nos canteiros. O resultado das análises mostrou que apesar de todas as amostras apresentarem alterações significantes em razão da contaminação por cimento presente nas obras, não havia risco a estrutura causado pelo uso de águas inadequadas.
Palavras-chave: qualidade da água; amassamento de concreto; reações de hidratação.

ABSTRACT

This study aimed to verify the quality of water supplied to four public works projects in the state of Paraíba for use in concrete mixing and subsequently verify its compatibility with current legislation, specifically NBR 15900-1/2009. The methodology consisted of visiting the construction sites to collect samples, followed by laboratory analyses using titration and colorimetry procedures, including pH (hydrogen ion potential), alkalinity (mg/L), chlorides (mg/L), electrical conductivity (µScm-1), salinity (mg/L), total hardness (mg/L), calcium hardness (mg), magnesium hardness (mg/L), phosphate concentration (mg/L), and sulfate concentration (mg/L). The research results indicated that, despite all the projects originally using water treated

by CAGEPA, several samples included in the study showed alterations in parameters due to storage and handling on the construction sites. There was no structural risk caused by the use of groundwater.
Keywords: water quality; concrete mixing; hydration reactions.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o homem aperfeiçoou a forma como construía, usando a princípio, os materiais que encontrava disponíveis na natureza e em pouco tempo, era capaz de adaptá-los conforme suas necessidades. Contudo, longo foi o caminho até que essas técnicas fossem aperfeiçoadas construções para atender as necessidades do homem, sendo necessário obter um material que conferisse resistência e durabilidade, o concreto (BAUER, 2015).

Sendo um dos materiais mais utilizados atualmente na construção civil, graças a seu baixo custo, quando comparado a outros materiais, fácil acesso as matérias primas e boa resistência à água, tendo vantagem sobre o aço e ferro, nesse quesito (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Os autores apresentam o concreto como um material compósito, composto por um meio aglomerante (na grande maioria das vezes formado pelo cimento Portland e água) que está aglutinado com as partículas ou fragmentos de agregado.

Para garantir que o concreto exerça seu papel estrutural de forma eficaz, é essencial que as reações de hidratação do cimento ocorram de forma correta. O cimento é um pó cinza com partículas entre 1 e 50 μm, formado a partir da moagem do clínquer com o gesso (CaSO4), sendo o clínquer composto por C3S (silicato tricálcico), C2S (silicato dicálcico), C3A (aluminato tricálcico) e C4F (ferro-aluminato tetracálcico) (NEVILLE, 2016).

Quando esse cimento entra em contato com a água, o sulfato de cálcio os compostos de cálcio entram em solução, e a fase liquida torna-se saturada com diversos tipos de íons. Essa reação, gera três principais produtos, sendo os cristais aciculares de trissulfoaluminato de cálcio hidratado, também chamados etringita, formado nos primeiros minutos. Horas depois formam-se grandes cristais prismáticos de hidróxido de cálcio, a portlandita ou CH, e por último se formam pequenos cristais fibrosos de silicato de cálcio hidratado, abreviados como C-S-H, que começam a preencher os espaços vazios antes ocupados por água (BAUER, 2015).

Testes laboratoriais, comprovaram que a quantidade de água adicionada ao cimento, exerce influência direta sobre o aumento ou diminuição da porosidade do concreto e consequentemente, a resistência final que o material irá apresentar, essa relação é conhecida como relação água/cimento (HELENE, 2005). Considerando que a água é o agente responsável por desencadear a reação de hidratação do cimento sua composição química assume papel fundamental no desempenho do concreto, uma vez que, Libânio (2016) nos explica que a água em seu estado natural apresenta diversos constituintes físico-químicos dissolvidos cuja presença e concentração variam conforme sua origem. Nesse contexto, a ABNT NBR 15900-1 estabelece requisitos e limites para substâncias presentes na água de amassamento, reconhecendo que contaminantes como sais, íons metálicos e compostos orgânicos podem alterar o tempo de pega, a reologia e o desenvolvimento da resistência mecânica do concreto. Battagin e Battagin (2019) ressaltam que o uso de água fora dos limites normativos pode resultar em perda do desempenho mecânico além de favorecer o surgimento de patologias em médio e longo prazos, comprometendo a durabilidade das construções.

A existência de uma norma que delimite os parâmetros seguros para utilização da água no amassamento do concreto, amplia as possibilidades de utilização de fontes alternativas de água em

sua produção, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos, contanto que as fontes não usuais de água, atenda aos requisitos normativos. Ao permitir o uso de águas provenientes de outras fontes, além da rede de abastecimento, a ABNT NBR 15900-1 possibilita a utilização de águas provenientes de redes pluviais, recuperada de processos industriais, entre outras fontes, sendo possível destinar a água potável de forma majoritária, para o consumo humano, sem, contudo, deixar de lado o rigor técnico necessário na construção civil.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo a realização de testes nas águas utilizadas para amassamento de concreto nas obras públicas da paraíba, provenientes da rede pública de abastecimento para verificar a compatibilidade com a norma vigente, a NBR 15900-1, por meio de ensaios laboratoriais foram identificados os parâmetros físico-químicos das amostras recolhidas e seus resultados analisados de forma conjunta a fim de determinar possíveis contaminantes e a viabilidade da utilização dessa água.

2. METODOLOGIA

Este foi um estudo de natureza experimental e abordagem quantitativa, onde foram analisadas amostras de águas utilizadas em obras públicas no estado da Paraíba, a fim de obter os parâmetros de qualidade, para comparar os resultados com os índices normativos da ABNT NBR 15900-1, a partir da determinação de parâmetros físico-químicos relevantes para o desempenho do concreto.

A coleta foi realizada através de visitas a quatro obras públicas no estado da Paraíba, cuja água utilizada era fruto da rede de abastecimento público. As amostras foram recolhidas diretamente nos pontos de uso, que em todas as obras correspondiam a caixas d'água instaladas em locais de fácil acesso. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em recipientes limpos de 5 litros, devidamente identificados, e transportadas ao laboratório para a realização dos ensaios, de modo a evitar contaminações externas que pudessem interferir nos resultados.

Foram realizadas análises físico-químicas nas amostras, correspondentes aos meses de coleta, focando nos parâmetros de qualidade essenciais, tais como: pH (potencial hidrogeniônico), alcalinidade (mg/L), condutividade elétrica (µScm-1), salinidade (mg/L, dureza total (mg/L), dureza de cálcio (mg/L), dureza de magnésio (mg/L), sólidos totais dissolvidos (ppm), cloretos (mg/L), concentração de Fosfatos (mg/L) e Sulfatos (mg/L).

Os resultados obtidos foram analisados de forma conjunta, considerando o contexto de uso, forma de armazenamento e base normativa, a fim de determinar a usabilidade da água para o amassamento do concreto e determinar a fonte das contaminações encontradas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante as visitas para coleta, observou-se que todas as obras utilizavam águas provenientes da rede pública de abastecimento, sob responsabilidade da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), que deve garantir água potável e livre da presença de contaminantes nocivos à saúde humana ou capazes de interferir na hidratação e cura do concreto. Contudo, foi observado que a água utilizada pelos trabalhadores para o amassamento do concreto, ficava armazenada em caixas d'água destampadas (Figura 1), a fim de facilitar o manuseio, contudo, essa estratégia deixa a água exposta a contaminações posteriores, que podem ser causadas por partículas de concreto como foi identificado nessa pesquisa, ou por algum outro material presente no ambiente de obra, capaz de gerar riscos à estrutura.

Figura 1: Caixa d'água onde água para amassamento do concreto fica armazenada nas obras.



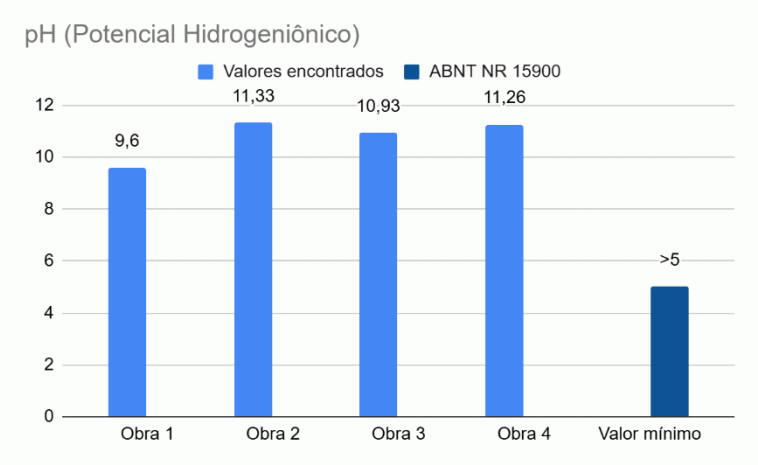
Fonte: Autoria própria, 2026.

Considerando a proximidade dos valores obtidos entre as amostras analisadas, os resultados foram discutidos de forma agrupada, por parâmetro físico-químico, de modo a facilitar a análise comparativa com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1.

3.1 pH (Potencial Hidrogeniônico)

O pH (Potencial Hidrogeniônico), é um dos principais parâmetros no que diz respeito a análise de água. De acordo com Taylor (apud ORTOLAN, 2015) uma pasta de cimento Portland bem hidratada, tem o pH entre 12,5 e 13,5, assim, se inserido em meio ácido, o concreto feito a partir dessa pasta fica em desequilíbrio químico. Pereira e Monteiro (2011) explicam que o alto pH do concreto, preserva as armaduras nele presente. Contudo, quando o pH é reduzido, o equilíbrio químico é afetado, possibilitando a ocorrência do fenômeno de despassivação da armadura. Os autores. explicam que para evitar essa ocorrência, é preciso reduzir ao máximo a relação água cimento e aumentar o tempo de cura, tornando o concreto menos permeável. A figura 2 apresenta os resultados de pH obtidos para as amostras:

Figura 2: Valores de pH obtidos para as amostras analisadas



Fonte: Autoria própria, 2026.

Nas quatro amostras analisadas, foram encontrados resultados elevados (Figura 2), com valores entre 9,6 e 11,33. Apesar da alteração no parâmetro tornar essa água imprópria para consumo humano de acordo com os critérios estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, não causa qualquer interferência em sua utilização para o amassamento do concreto, estando compatível com o valor exigido pela ABNT NBR 15900-1, que permite o uso de águas com pH superior a 5, considerando que as amostras foram coletadas em caixas de armazenamento e não diretamente da rede de distribuição.

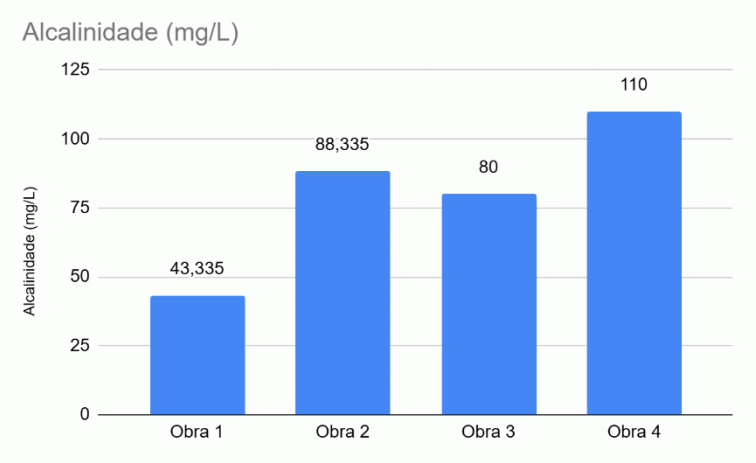
3.2 Alcalinidade

Apesar da alcalinidade não ser um parâmetro regulamentado pela ABNT NBR 15900-1, sua análise é de suma importância para entender a composição da água, visto que ela indica a quantidade de íons presentes capazes de reagir para neutralizar os íons hidrogênio. Trata-se de uma medida da capacidade da água de neutralizar ácidos, ou seja, de resistir a variações de pH (capacidade tampão) (VON SPERLING, 1996). Para o amassamento do concreto, essa é uma qualidade desejável na água, desde que encontrada dentro de valores adequados, visto que a acidez do meio é nociva ao concreto.

Silva et al. (2018) encontraram, em suas pesquisas, uma alcalinidade média de 23,7 mg/L, valor considerado adequado para consumo humano e compatível com a utilização no concreto. Contudo, valores elevados de alcalinidade, embora não usuais, não são nocivos ao concreto, ao contrário, contribuem para sua maior resistência em ambientes de elevada acidez.

A figura apresenta os resultados para alcalinidade obtidos nesse estudo para as amostras:

Figura 3: Valores de alcalinidade obtidos para as amostras analisadas



Fonte: Autoria própria, 2026.

Nas amostras destinadas ao concreto, foram encontrados valores adequados para alcalinidade (Figura 3), que apesar de não ser regulamentado por norma, é um parâmetro que representa uma segurança a mais a qualidade do concreto tendo em vista que o meio alcalino preserva a armadura

3.3 Condutividade e salinidade

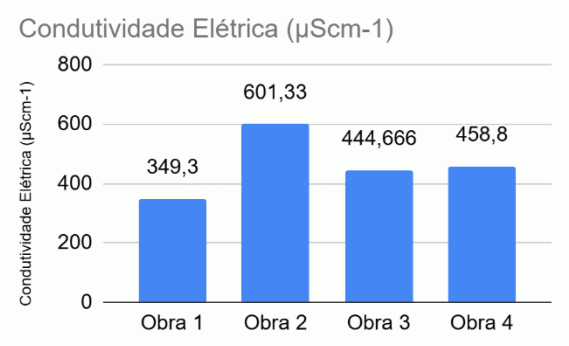
De acordo com Pinto (2006, apud NASCIMENTO, 2014), a condutividade elétrica é uma medida da habilidade de uma solução aquosa de conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons. Já a salinidade, refere-se à dissolução de sais minerais compostos por "ânions como cloreto, sulfato e bicarbonato e cátions como cálcio, magnésio, potássio e sódio." (LIBÂNIO, 2016). Ambos os parâmetros apresentam relação direta, uma vez que refletem a presença de sais dissolvidos na água.

Nesse contexto, em um estudo semelhante, Silveira (2023) encontrou um valor médio de condutividade elétrica de 1445,2 µS/cm e salinidade média de 709,4 mg/L, em águas utilizadas no amassamento de concreto. Contudo, uma das amostras apresentou valores de condutividade elétrica de 14.080 µS/cm e salinidade de 8285,2 mg/L, sendo que esta última amostra apresentou, posteriormente, alteração nos valores de cloreto, substância nociva às armaduras do concreto.

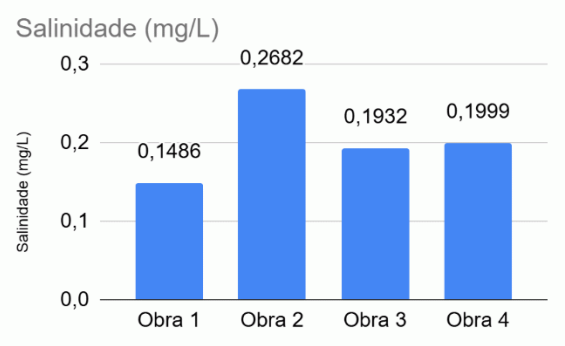
Dessa forma, apesar de não serem parâmetros regulados pela norma vigente, a condutividade elétrica e a salinidade podem servir como indicadores de possíveis alterações nos valores de íons cloreto e/ou sulfato, uma vez que variações nesses parâmetros refletem mudanças na concentração de sais dissolvidos na água, sendo, portanto, ensaios relevantes mesmo quando não exigidos por norma.

As figuras 4 e 5 apresentam os resultados de condutividade e salinidade obtidos nesse estudo para as amostras:

Figura 4: Valores de condutividade elétrica obtidos para as amostras analisadas



Fonte: Autoria própria, 2026.



Fonte: Autoria própria, 2026.

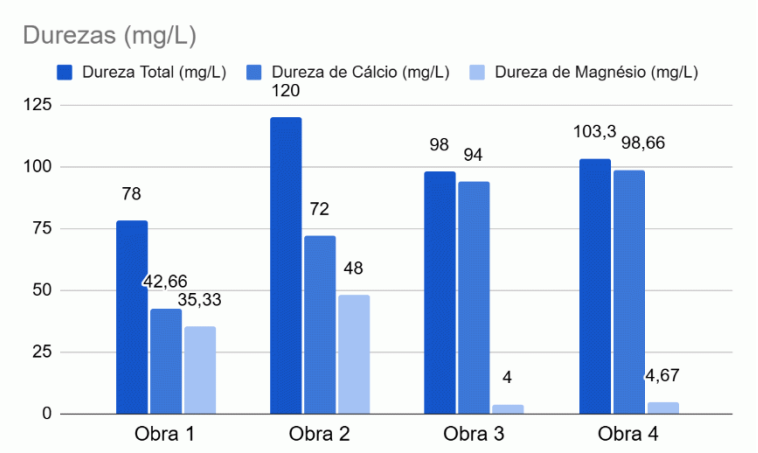
Figura 5: Valores de salinidade obtidos para as amostras analisadas.

Nas água analisada, foram observados valores normais (Figuras 4 e 5), e não indicam necessidade de preocupação com agentes nocivos ao concreto.

3.4 Durezas

De acordo com Von Sperling (1996), a dureza da água está relacionada principalmente à presença de íons cálcio e magnésio dissolvidos, sendo um parâmetro indicativo da mineralização da água e de sua interação com materiais geológicos. Apesar de não exigido por norma, o parametro foi essencial para compreender as alterações identificadas nos testes de pH e alcalinidade. A figura 6 apresenta os resultados de dureza total, dureza de cálcio e dureza de magnésio obtidos para as amostras:

Figura 6: Valores de dureza total, dureza de cálcio e dureza de magnésio obtidos para as amostras analisadas.



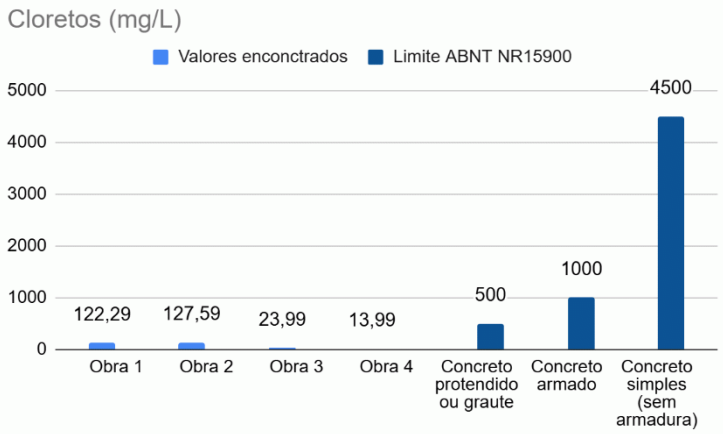
Fonte: Autoria própria, 2026.

Na Figura 6, podemos observar uma elevação considerável na dureza de cálcio, em especial nas Obras 3 e 4, onde a dureza de magnésio foi quase inexistente. Esse resultado, considerando que as amostras foram coletadas em caixas de uso nas obras, pode ser explicado pelo ambiente ao qual essa água estava exposta antes da coleta e pela composição do cimento Portland, produzido a partir de grandes quantidades de calcário. Assim, pode-se atribuir essas alterações a pequenas partículas de cimento presentes no ar que entraram em contato com a água, sem apresentar qualquer risco à durabilidade do concreto.

3.5 Cloretos

A análise de cloretos, diz respeito a presença de íons advindos da dissolução de sais, nesse caso, o Cloreto de sódio (NaCl). Neville (2016) explica, que a penetração de cloretos em concretos com alta porosidade, causam o rompimento da camada passivadora do aço presente nas armaduras, que é responsável por protegê-lo das reações eletroquímicas de corrosão e garantir a durabilidade da estrutura. A figura 7 apresenta os resultados de cloretos obtidos para as amostras:

Figura 7: Valores de cloretos obtidos para as amostras analisadas.



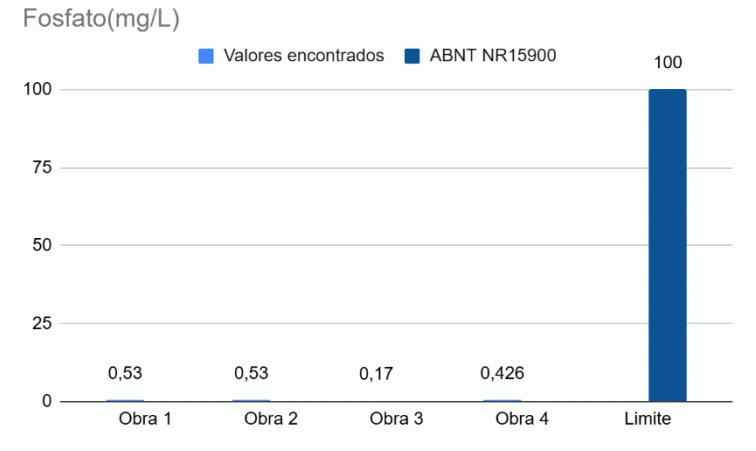
Fonte: Autoria própria, 2026.

Na figura 7, observamos uma presença baixíssissima dos íons de cloreto, quando comparados as exigencias da norma, garantindo que a água utilizada nessas construção não causará danos a armadura do concreto.

3.6 Fosfatos

A análise de fosfatos no contexto de águas, serve como indicador de diversos tipos de contaminações como esgoto, agrotóxicos ou detergentes e produtos de limpeza. Neville (2016), afirma que, em elevadas temperaturas, altas concentrações de fosfatos retardam a pega do concreto. Portanto, a presença de fosfatos na água utilizada para o amassamento, reforçará esse efeito sem a possibilidade de prever o comportamento do concreto e colocando em risco à estrutura. De acordo com Xie et al. (2021), este efeito deve-se à formação de uma camada de fosfatos insolúveis que reveste as partículas de clínquer, bloqueando as reações químicas necessárias para o ganho de resistência inicial. A figura 8 apresenta os resultados de fosfatos obtidos para as amostras:

Figura 8: Valores de fosfatos obtidos para as amostras analisadas.



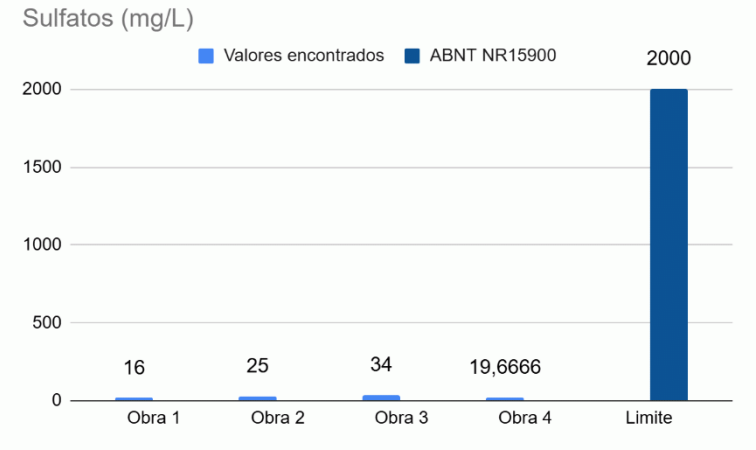
Fonte: Autoria própria, 2026.

Nas amostras analisadas, os valores encontrados foram mínimos em comparação com os limites permitidos por norma (Figura 8) e não apresentam risco as cosntruções.

3.7 Sulfatos

Nas obras, o sulfato é um fator de grande importância a ser observado nas águas, pois, quando em excesso o "íon sulfatos intervém na degradação do concreto, com que pode permitir que a armadura se exponha ao meio ambiente, procedendo-se à corrosão" (GRANATO, 2002). Além disso, o ponto de maior atenção devido a presença de sulfatos, é a formação da etringita tardia. O autor explica que isso se dá devido as reações que ocorrem entre os íons de sulfato e o hidróxido de cálcio que geram o gesso, que por conseguinte reage com o aluminato de cálcio do cimento (C3A), formando sulfoaluminato de cálcio hidratado (etringita). Na reação de hidratação usual, a etringita é o primeiro produto de hidratação, contudo, quando ocorre sua formação tardia, por se tratar de um gel expansivo, causa a fissuração do concreto, fragilizando à estrutura. A figura 9 apresenta os resultados de sulfatos obtidos para as amostras:

Figura 9: Valores de sulfatos obtidos para as amostras analisadas.



Fonte: Autoria própria, 2026.

Na figura 9, observamos uma presença baixissíssima dos íons de sulfa, quando comparados as exigencias da norma, garantido que a obra não sofrerá ataques por sulfato advindo da água de amassamento.

4. CONCLUSÃO

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade físico-química das águas utilizadas em obras públicas no amassamento do concreto em obras do estado da Paraíba e verificação de sua compatibilidade com os limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900-1. Os resultados dos testes feitos em laboratórios mostraram que todas as obras estavam em conformidade com a norma e que a água não demostrava qualquer risco as edificações referidas. Os resultados obtidos, reforçam ainda a necessidade de armazenar corretamente a água utilizada nas obras, visto que, todas as alterações identificadas podem ser atribuídas a contaminações ocorridas no ambiente das obras, em razão da exposição que sofrem as pequenas partículas de cimento dispersas no ar.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao coordenador da pesquisa, Dr. Edmilson Dantas Da Silva Filho, pelo apoio institucional e pela coordenação do projeto; ao orientador Me. Elnatan Lins da Costa, pela orientação acadêmica e acompanhamento técnico; à Dra. Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça, pelas contribuições científicas e suporte durante o desenvolvimento da pesquisa; aos técnicos de laboratório, pelo apoio operacional na realização dos ensaios; ao Instituto Federal da Paraíba, pela infraestrutura disponibilizada; e aos demais colegas discentes pesquisadores, pelo auxílio nas atividades experimentais.

.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-1: Concreto - Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

BATTAGIN, G. A. F.; SILVA BATTAGIN I. L. Qual o efeito da água na qualidade do artefato de cimento. 2019. Entrevista Site Engenharia Compartilhada. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/qual-o-efeito-da-agua-na-qualidade-do-artefato-de-cimento-2/. Acesso em: 21 jan. 2026

BAUER, L. A. F. Materiais de construção. 5. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2015. v. 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os padrões de qualidade para água destinada ao consumo humano e seu controle. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br. Acesso em: 22 nov. 2024.

GRANATO, J. E. Patologia das construções. [S.l.]: [s.n.], 2002

HELENE, P.; ANDRADE, T.; Relação água/cimento, porosidade e resistência da pasta e do concreto. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2005

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NASCIMENTO, T. E. P. F. Avaliação da qualidade da água para consumo humano. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

ORTOLAN, V. K. Avaliação da influência do pH e da força iônica da solução dos poros do concreto na resistência à corrosão da armadura. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Unidade Acadêmica de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2015

PEREIRA, V. C. O.; MONTEIRO, E. C. B. Avaliação da capacidade de proteção de adições minerais em relação à corrosão de armaduras devido à carbonatação. Construindo, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 12–16, jan./jun. 2011

SILVA, A. B. et al. Análise físico-química da água utilizada para consumo nas escolas municipais da zona urbana de Esperança/PB. Biota Amazônia, Macapá, v. 8, n. 3, p. 49–52, 2018. DOI: https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v8n3p49-52. Disponível em: http://periodicos.unifap.br/index.php/biota

SILVEIRA, P. L. N. Propriedades químicas das águas utilizadas para amassamento de concreto na construção civil: estudo de casos no município de Algodão de Jandaíra – PB. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Construção de Edifícios) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Paraíba, 2023.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

XIE, L. et al. Hydration and Strength Development of Cementitious Materials Prepared with PHospHorous-Bearing Clinkers. Materials, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 508, jan. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ma14030508. Acesso em: 25. jan. 2026