



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA

CLINTON SIMPLICIO FERNANDES DA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS PARA AMASSAMENTO

FORTALEZA
2021

CLINTON SIMPLICIO FERNANDES DA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS PARA AMASSAMENTO

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado Química, do Departamento de Química Analítica e Físico-Química, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Química. Área de concentração Química Analítica.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida Fechine.

Fortaleza

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S579a Silva, Clinton Simplicio Fernandes da.
Avaliação da qualidade de águas para amassamento / Clinton Simplicio Fernandes da Silva. – 2021.
32 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Química, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida Fechine.

Coorientação: Profa. Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa.

1. Amassamento . 2. Água . 3. Concreto . 4. Parâmetros. 5. Qualidade. I. Título.

CDD 540

CLINTON SIMPLICIO FERNANDES DA SILVA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS PARA AMASSAMENTO

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado Química, do Departamento de Química Analítica e Físico-Química, da Universidade Federal do Ceará, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Química. Área de concentração Química Analítica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida Fechine (Orientador pedagógico)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa (Orientadora profissional)
Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC)

Dr. Denis Valony Martins Paiva (Examinador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

A minha família.

Aos meus professores.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado e possuem todo o meu amor, carinho e respeito.

Ao meu irmão, que amo e sonho com um futuro de novas possibilidades.

Aos meus avós, em especial minha avó Angelita, cujo meu nome sempre esteve presente em suas orações.

Aos meus professores que contribuíram para a construção da minha educação e formação profissional.

Aos orientadores da graduação, a quem devo o estímulo e o preparo para desenvolver um conhecimento humano e científico.

Aos meus amigos, com quem partilhei bons e inesquecíveis momentos.

À Universidade Federal do Ceará, por toda infraestrutura, amparo, investimento e conhecimento.

Ao NUTEC, por disponibilizar a infraestrutura necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

“Em determinado momento, propôs três modos de olhar para o mundo: para baixo, ao explorarmos a matéria que constitui as coisas; para a frente, na relação com outras pessoas e seres vivos; para cima, na busca por alguma forma de transcendência.” (Marcelo Gleiser, O caldeirão azul.)

RESUMO

A gestão dos recursos hídricos no território nacional mostra-se como um dos maiores desafios a serem enfrentados pelo país. Conhecido como um dos maiores detentores de fontes de água doce, o território brasileiro encontra-se face às mais diversas realidades de disponibilidade desse recurso, convivendo historicamente com cenários de escassez e abundância hídrica. Uma gestão eficiente desse recurso ditará o desenvolvimento de setores essenciais ao crescimento econômico e ao bem-estar social. A indústria da construção civil faz parte de um dos setores que mais consomem esse recurso e demandam um padrão de qualidade para o seu melhor aproveitamento e aplicação. Dessa maneira, o presente trabalho tem como objetivo a análise de águas para amassamento utilizada em obras localizadas na cidade de Fortaleza no estado do Ceará. Para isso foram avaliados os parâmetros: Cloreto, Sulfato, Nitrato, Odor, Detergente, óleos e gorduras, cor e pH. Para análise dos resultados, teve-se como referência a NBR 15900 - Água para amassamento do concreto. Observou-se, após escrutínio dos parâmetros e ensaios estabelecidos pela norma, que todas as amostras analisadas se adequavam ao uso no amassamento de concreto, atendendo aos parâmetros analisados dentro dos limites estabelecidos pela legislação nacional. Conclui-se então que, em totalidade, as amostras poderiam se destinar ao amassamento do concreto sem que causassem qualquer prejuízo a estrutura que se destinaria.

Palavras-chave: Amassamento. Água. Concreto. Parâmetros. Qualidade.

ABSTRACT

The management of water resources in Brazil is one of the greatest challenges to be faced by the country. Known as one of the largest holders of freshwater sources, the Brazilian territory is faced with diverse realities of availability of this resource, where there are scenarios of scarcity and water abundance simultaneously. In this sense, efficient management of this resource will dictate the development of essential sectors for economic growth and social well-being. The civil construction industry is one of the sectors that most consume water and demands a quality standard for its application. In this regard, the present work performs an analysis to check water samples, verifying the standards to determine if the analyzed water can be used in concrete mixing. Samples were collected from different water sources that are destined for concrete mixing and the quality parameters for the samples were evaluated, supported by the national legislation that regulates its use and applications. All parameters were observed taking the NBR 15900 into consideration. It was observed from the parameters and tests established by the standard, that all of the samples analyzed were suitable for use in concrete mixing, attending to the limits established by national legislation. It is concluded that, in general, the water from the analyzed sources would not cause any damage to the structure that would be destined.

Keywords: Water. Mixing. Parameters. Concrete.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	Desafios da gestão hídrica no Brasil.....	17
3.2	Qualidade da água de amassamento.....	19
3.3	Avaliação dos parâmetros preliminares de qualidade da água.....	21
3.4	Avaliação dos parâmetros de propriedade química.....	23
3.4.1	<i>Cloreto</i>	23
3.4.2	<i>Sulfato</i>	24
3.4.3	<i>Nitrato</i>	25
4	METODOLOGIA	26
4.1	Análise dos parâmetros preliminares.....	26
4.1.1	<i>Odor</i>	26
4.1.2	<i>Detergentes, óleos ou gorduras e cor</i>	26
4.1.3	<i>Determinação do pH à 25°C</i>	27
4.2	Determinação dos parâmetros de propriedade química.....	27
4.2.1	<i>Determinação de cloreto (Cl⁻)</i>	27
4.2.2	<i>Determinação de sulfato (SO₄²⁻)</i>	28
4.2.3	<i>Determinação de nitrato (NO₃⁻)</i>	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	Análise dos parâmetros preliminares das águas de amassamento.....	29
5.2	Análise dos parâmetros de propriedade química das águas de amassamento.....	30
5.2.1	<i>Análise de cloreto em águas de amassamento</i>	30
5.2.2	<i>Análise de sulfato em águas de amassamento</i>	32
5.2.3	<i>Análise de nitrato em águas de amassamento</i>	33
6	CONCLUSÃO	34
7	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos recursos hídricos sempre foi essencial para o desenvolvimento de um país. Em um país de dimensões continentais, sempre estivemos sob as mais diversas situações de abastecimento hídrico: regiões do nosso país convivem com realidades distintas quanto a oferta e abastecimento de água; os fatores climáticos certamente agravarão a situação onde a oferta de água historicamente foi desfavorável e provocará estresse hídrico em regiões que antes não enfrentavam esses problemas (WWAP/ONU, 2020).

Os riscos do comprometimento no cenário de abastecimento de água certamente levam a uma maior preocupação e cuidado para alocar esse recurso, bem como na qualidade da água ofertada. Segundo o Manual de uso consuntivos de água no Brasil elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) as áreas que demandam maiores quantidades de recursos hídricos são a irrigação, o abastecimento urbano, abastecimento animal e a indústria de transformação (ANA, 2019).

No setor industrial a água é um bem essencial e sua qualidade é determinante para o produto final. Em um relatório a ANA apresentou uma série histórica (1931-2030) das vazões de retirada, consumo e retorno em m^3/s para todo o país, o resultado obtido para o setor industrial foi de $189,2 m^3/s$ em 2017 (ANA, 2019).

Nesse cenário, a indústria do concreto, o que inclui a construção civil, são importantes atores no consumo e uso desse recurso. O concreto é o material de construção mais utilizado no mundo chegando a uma produção anual de 7 milhões de metros cúbicos e, quando falamos em material de consumo, é o segundo mais utilizado no mundo, perdendo somente para a água (AWOYERA *et al.*, 2020).

Segundo Neville, (2013) o concreto em um sentido geral, é qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante, sendo geralmente esse meio o produto da reação entre um cimento hidráulico e a água; a definição pode ser ainda estendida para entender-se que o concreto consiste em duas fases: a pasta de cimento hidratada e os agregados e, como resultado, suas propriedades são regidas pelas propriedades das duas fases, bem como pelas interfaces entre elas.

A indústria do concreto é um dos setores com o maior consumo de água, estima-se que 1 bilhão de metros cúbicos sejam utilizados anualmente para mistura do concreto (AWOYERA *et al.*, 2020).

Etapas primordiais da produção do concreto envolvem o uso da água: lavagem dos agregados, amassamento do concreto, cura e limpeza dos equipamentos utilizados. Neville, (2013) destaca a importância da qualidade da água: suas impurezas podem interferir na pega do cimento, afetar negativamente a resistência do concreto ou causar manchamento de sua superfície, podendo ainda levar à corrosão das armaduras.

Entende-se, portanto que a água seja um componente essencial na produção do concreto. Investigando diversas normas constata-se que águas com um percentual escasso de impurezas, como a água potável, é ótima para a mistura de concreto. No entanto, em algumas regiões do mundo a disponibilidade de água potável é um desafio, uma vez que o tratamento da água não é viável e os recursos são limitados, levando a utilizar-se de qualquer fonte de água disponível para a produção de concreto. Essa prática afeta significativamente o concreto produzido, uma vez que a mistura de água pode afetar fatores como mecanismo de hidratação, porosidade, mineralogia e propriedades de resistência do concreto (AWOYERA et al., 2020)

Diante disso, é de suma importância a avaliação dos parâmetros de qualidade da água de amassamento para que estes sob julgo dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira e com detalhada avaliação preliminar e os ensaios que constam nas normas tenha-se um produto dentro dos padrões de qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade de amostras de água utilizada amassamento de acordo com a ABNT - NBR 15900.

2.2 Objetivos Específicos

- Análise dos parâmetros preliminares em amostras de água utilizadas em seis construções em Fortaleza-CE por meio da metodologia apresentada na NBR 15900.
- Análise dos parâmetros químicos: cloreto, pelo método argentométrico; sulfato via o método turbidimétrico; e nitrato, segundo o método colorimétrico, em amostras de água utilizadas em seis construções em Fortaleza-CE.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

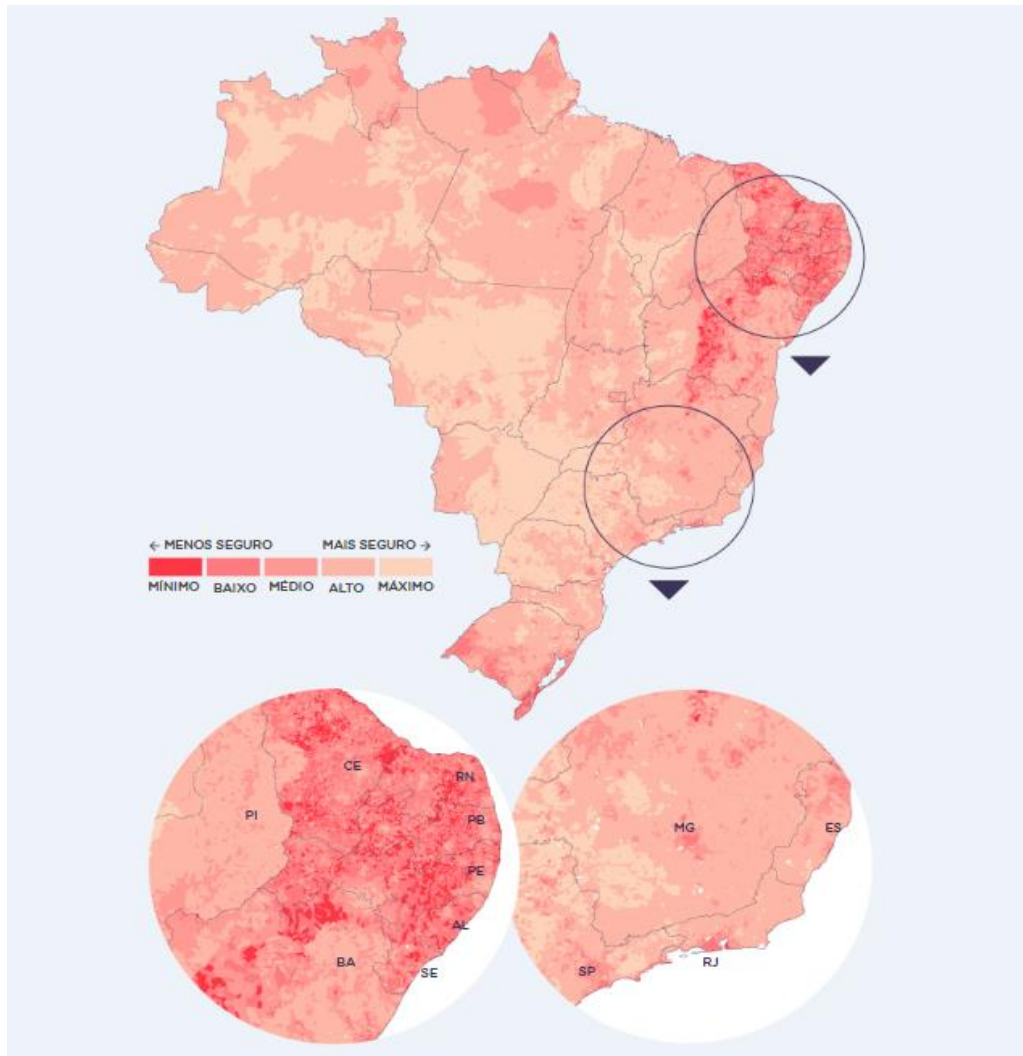
3.1 Desafios da gestão hídrica no Brasil

Historicamente é de conhecimento geral que o Brasil se encontra em uma situação privilegiada quando a disponibilidade física de água. Quando se observa a totalidade das reservas, sem análise das diferenças regionais, o Brasil detém mais da metade da água da América do Sul e 13% do total mundial, além de cerca de 2/3 de um manancial subterrâneo que corre por baixo dos países do Mercosul, com extensão superior à de Inglaterra, França e Espanha juntas (CIRILO, 2015). Estar nessa condição de vantagem quanto a disponibilidade de água, torna o país competitivo no cenário global, visto que, bem como outros recursos, a exemplo do petróleo, deter grandes reservas desse insumo coloca-o em uma posição estratégica no cenário geopolítico mundial. Ao passo que temos essa vantagem, também se encontra inúmeros desafios quando se fala da administração desse recurso. Devido sua extensão continental as diferenças mostram-se explícitas de uma região para outra, essas realidades acentuam-se por vezes de uma cidade para a cidade vizinha. Espacialmente é possível contar com regiões de grande concentração populacional e com baixa oferta de recursos hídricos, o que faz com que se conviva tanto com a abundância de recursos como com sua escassez. Exemplo dessas situações são descritas por Cirilo (2015) ao observar que a região amazônica concentra 81% das reservas hídricas do país e 5% da população. O caso da região Sudeste onde tem-se a maior concentração populacional do país também preocupa, uma vez que detém apenas 13% dos recursos hídricos do país estar ciclicamente ameaçada por eventos como extremos de seca e chuva. No território semiárido do Nordeste, mesmo abrangendo grande parte da bacia do Rio São Francisco, dispõe apenas de 4% dos recursos hídricos do país e é ocupado por 35% da população brasileira. Essas contradições, analisadas em vista dos fatores sociais de cada região, fazem a disponibilidade dos recursos hídricos juntamente com a sua infraestrutura não acompanharem a lógica econômica.

Os riscos do comprometimento no cenário de abastecimento de água certamente levam a uma maior preocupação e cuidado para alocar esse recurso, bem como na qualidade da água ofertada. A ANA utiliza do ISH (Índice de Segurança Hídrica) (Figura 1) para avaliar a segurança hídrica quanto ao acesso, capacidade de fornecimento, e qualidade da água, tornando possível melhoria da infraestrutura hídrica na região, visando o bem-estar social e sustentação do desenvolvimento econômico. Segundo dados da ANA a região nordeste apresenta os piores

ISH's, em muitas áreas observa-se o nível mínimo de segurança hídrica, como é possível observar no mapa abaixo:

Figura 1 - Índice de Segurança Hídrica, por área no Brasil em 2015



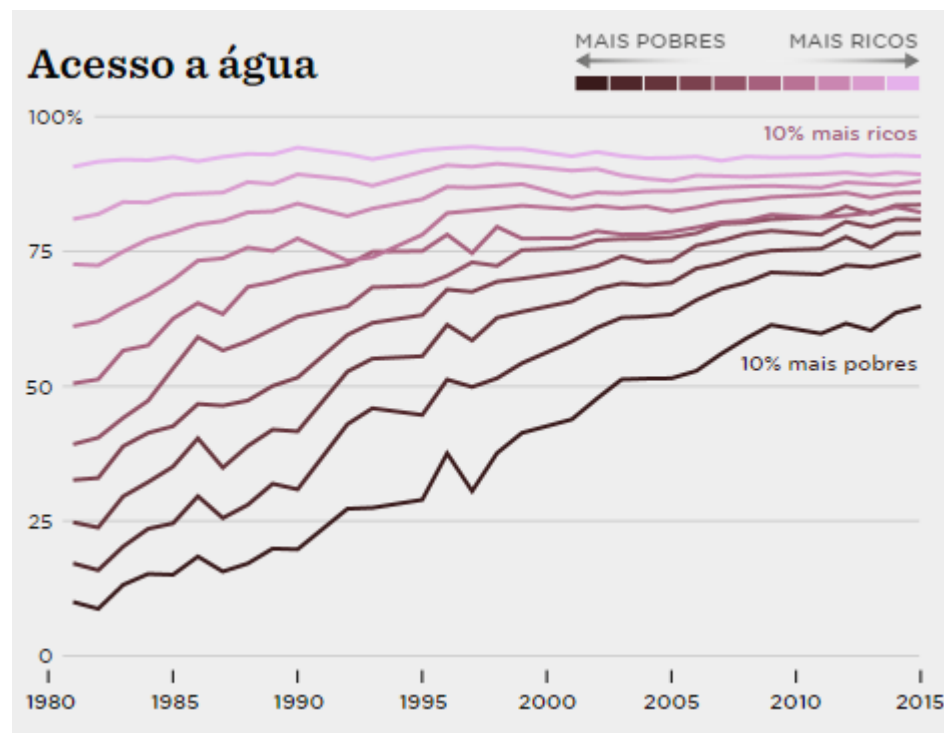
Fonte: Adaptado de Nexo Jornal (2020)

De acordo com Cirilo (2015) existem dois tipos de escassez de água, escassez econômica que ocorre devido à falta de investimento e é caracterizada por pouca infraestrutura e distribuição desigual de água e a escassez física que ocorre quando os recursos hídricos não conseguem atender à demanda da população. A Figura 2 apresenta o cenário de desigualdade que convivem as famílias brasileiras quando se examina a cobertura de água de acordo com a renda.

Regiões do semiárido são historicamente mais afetadas pela escassez física desse recurso, recorrendo a estratégias para aliviar a limitada capacidade hídrica como poços

artesaniais, cisternas e caminhões pipa. Segundo Lima, Silva e Porto (2007) apenas 3% do total de água existente no país encontram-se na região Nordeste, sendo que 63% estão localizados na bacia hidrográfica do Rio São Francisco e 15% na bacia do Rio Parnaíba, que juntos detêm 78% da água da região. As bacias dos rios intermitentes detêm apenas 22% e concentram-se em 450 açudes de grande porte, cuja capacidade é superior a um milhão de metros cúbicos, entre os mais de 70 mil existentes, como, também, em aquíferos profundos, com cerca de 100 mil poços tubulares perfurados. Algumas dessas fontes não apresentam condições adequadas para consumo humano nem para atividades socioeconômicas, uma vez que não atendem aos critérios estabelecidos pela legislação.

Figura 2 – Evolução da cobertura de água no Brasil de acordo com a renda



Fonte: Adaptado de Nexo Jornal (2018)

3.2 Qualidade da água de amassamento

A água é um componente essencial na produção do concreto, sua influência se estende tanto ao desempenho da massa em seu estado fresco quanto no seu estado endurecido, o que faz dela um insumo que influenciará durante toda a vida da estrutura. A qualidade da água de amassamento influencia em diversos parâmetros de qualidade do concreto, logo, a contaminação dessa água por impurezas podem comprometer parâmetros como o tempo de

pega, o desenvolvimento da resistência do concreto e a proteção da armadura contra a corrosão(KUCCHE; JAMKAR; SADGIR, 2015).

Observa-se que na prática o controle dos parâmetros de qualidade do concreto são substancialmente melhor controlados do que os parâmetros de qualidade da água que por vezes é negligenciado; existe um senso comum de que se a água é própria para o consumo ela está apta para ser usada na mistura da massa de concreto, o que alguma vezes pode não ser confirmado (REDDY BABU; MADHUSUDANA REDDY; VENKATA RAMANA, 2018). Os autores exemplificam que uma água que contenham uma pequena quantidade de açúcar pode estar dentro dos padrões de consumo humano, mas pode não ser adequada para o uso no amassamento.

Mesmo dentro dos padrões usuais para amassamento, a água pode não ser adequada dependendo do fim que o concreto se destina, os padrões de água podem variar ligeiramente para a produção de concreto de cimento simples e concreto de cimento armado (REDDY BABU; MADHUSUDANA REDDY; VENKATA RAMANA, 2018). Portanto, ao avaliar a adequação da água de qualidade desconhecida para a produção de concreto, tanto a composição da água quanto a aplicação do concreto a ser produzido devem ser consideradas.

Segundo Su, Miao e Liu (2002) a maioria das normas que estabelecem regras para uso adequado da água de amassamento especifica que a água usada para o concreto deve ser razoavelmente limpa e livre de óleo, ácido, álcali, matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Esses critérios no Brasil são estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). No caso do uso de água para o amassamento do concreto, existem Normas Brasileiras (NBR) que regulamentam a água de concreto: a norma NBR 15.900/2009 Água de amassamento para concreto detalha os requisitos necessários para uma água atender e estar dentro dos padrões de atividade e descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação (ABNT, 2009).

Outros países possuem também as suas próprias diretrizes gerais acerca da qualidade da água de amassamento, algumas sendo mais detalhadas e com critérios bem estabelecidos, outras adotam um tratamento mais geral quanto aos parâmetros. Nos Estados Unidos a norma que rege esses parâmetros é a ASTM C94 – *Standard Specification for Ready-Mixed Concrete*. Quando comparada com a norma brasileira à americana apresenta inúmeras lacunas, sendo bem menos exigente, embora tenha-se ainda a norma ASTM C-1602 – *Standart specification for mixing water used in the production of hydraulic cement concrete* que detalha

de forma mais específica a tolerância dos parâmetros de avaliação. A norma britânica BS EN 1008:2002 – *Mixing water for concrete* estabelece parâmetros semelhantes à norma brasileira, possui maior concordância quanto os limites dos parâmetros e quanto a procedência da água (BS:EN:1008:2002, 2002).

A NBR 15900 destaca que a origem da água já serve como fator discriminante no seu uso para o amassamento. Quanto a norma as águas são classificadas em:

- a) Água de abastecimento público;
- b) Água recuperada de processos de preparação do concreto;
- c) Água de fontes subterrâneas;
- d) Água natural de superfície, água de captação pluvial e água residual industrial;
- e) Água salobra;
- f) Água de esgoto e água proveniente de esgoto tratado;
- g) Água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto.

Apenas a água proveniente de esgoto ou esgoto tratado não são permitidas para uso no amassamento do concreto. As demais podem ser utilizadas desde que sejam ensaiadas e atenda aos limites dos parâmetros estabelecidos pela norma. A única fonte de água que dispensa ensaios e pode ser usada sem passar por um processo de avaliação são águas provenientes do abastecimento público (ABNT, 2009).

A norma brasileira considera a classificação da água como potável como adequada para o uso e não necessita de qualquer teste de verificação de sua qualidade. Esse critério entra em consonância com a já citada norma americana ASTM C94 – *Standard Specification for Ready-Mixed Concrete* e com a norma britânica BS EN 1008:2002 – *Mixing water for concrete*.

Obras de grande porte geralmente não arcam com custos provenientes da água de abastecimento público devido ao seu custo, ao abrirem mão dessa fonte de abastecimento ficam sujeitas ao abastecimento por fontes de origem desconhecida, cujos parâmetros de qualidade necessitam de uma análise criteriosa.

3.3 Avaliação dos parâmetros preliminares de qualidade da água

Antes de uma avaliação de qualidade química e quantitativa dos parâmetros a NBR 15900 estabelece uma avaliação preliminar de determinados parâmetros. As normas americana e britânica, também estabelecem esses critérios, sendo a última mais próxima da norma brasileira quanto a tolerância desses parâmetros. O Quadro 1 abaixo relaciona e compara os limites de tolerância estabelecidos por cada norma

Tabela 1 – Limites de tolerância de parâmetros preliminares das normas

PARÂMETROS	NBR 15900-1	ASTM C-1602	BS EN 1008
Odor	Testar em relação à água potável e sem odor de sulfeto de hidrogênio quando adicionado ácido clorídrico	(não possui)	Nenhum cheiro, exceto o odor permitido para água potável e um leve cheiro de sulfeto de hidrogênio ou odor de cimento
Detergentes	Verificar se existe vestígio de espuma ao fim de 2 minutos após vigorosa agitação	(não possui)	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis	(não possui)	Não mais do que traços visíveis
Cor	A cor deve ser comparada com água potável devendo ser amarelo claro a incolor	Deve ser clara (ASTM C-94)	A cor deve ser avaliada qualitativamente como incolor ou até amarelo claro

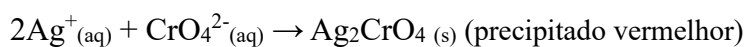
Material Sólido	< 50.000 mg/L	< 50.000 mg/L	≤1% do total de agregado
pH	pH ≥ 5	(não possui)	pH ≥ 4
	A cor da água deve ser mais clara ou		
Matéria orgânica	igual à da solução-padrão, após a adição de NaOH	(não possui)	(não possui)

Fonte: NBR 15.900, 2009; ASTM C-1602, 2012 e BS EN 1008, 2002.

3.4 Avaliação dos parâmetros de propriedade química

3.4.1 Cloreto

A determinação de cloreto pelo método argentométrico tem como princípio o consumo dos íons cloreto presente na solução a partir da adição do titulante nitrato de prata (AgNO_3). A reação inicial consiste na formação de um precipitado branco, indicando a formação de cloreto de prata (AgCl). Quando todo íon cloreto é consumido por essa reação, os íons cromato livres, adicionado como indicador, passam a ser consumidos formando um precipitado vermelho de cromato de prata (Ag_2CrO_4) com a prata adicionado ao meio, indicando assim o ponto final. O mecanismo é ilustrado nas reações abaixo:



Comumente CaCl_2 , NaCl e MgCl_2 estão presente na água, sendo os dois primeiros muitas vezes utilizados como aditivos. Estudo mostram que a concentração de sais de cloreto como NaCl aumentam a susceptibilidade à corrosão, o íon cloreto presente na mistura age como catalisador, acelerando a oxidação do ferro presente na armadura (KUCCHE; JAMKAR; SADGIR, 2015).

A NBR 15900 estabelece limites específicos (Quadro 2) para tolerância de íon cloreto na água dependendo do uso final:

Tabela 2: Teor máximo de cloreto em água para amassamento.

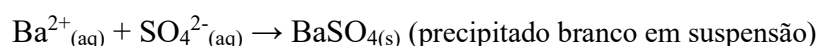
Uso Final	Teor máximo de cloreto (mg/L)
Concreto protendido ou graute	500
Concreto armado	1000
Concreto simples (sem armadura)	4500

Fonte: NBR 15900 (2009)

A tolerância de cloreto estabelecida na norma brasileira é a mesma quando consultada a norma britânica BS EN 1008:2002 – *Mixing water for concrete*, incluído os casos de uso final a que se destina o concreto.

3.4.2 Sulfato

As amostras foram ensaiadas segundo o método turbidimétrico que tem como princípio precipitar o íon sulfato (SO_4^{2-}) em meio ácido com cloreto de bário (BaCl_2). O precipitado é formado pela reação entre os íons do sal de bário com os íons sulfato em solução, originando cristais de tamanho uniforme de sulfato de bário (BaSO_4). A equação química que ilustra essa reação é mostrada abaixo:



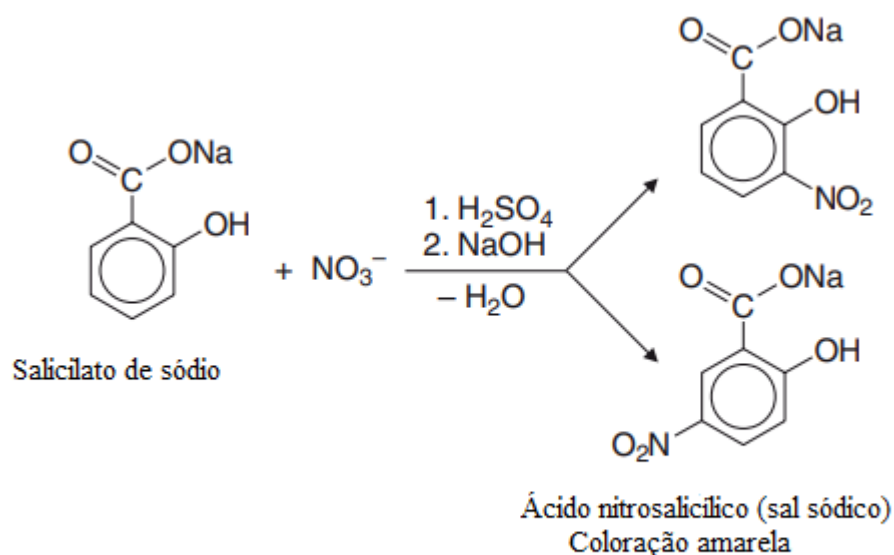
Esse precipitado tende a formar uma suspensão em solução, o espectrofotômetro detectará os níveis de concentração de sulfato a partir da leitura e comparação com uma curva padrão de sulfato.

Via de regra, os sulfatos encontrados nas águas superficiais, subterrâneas e solos são CaSO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e FeSO_4 (REDDY BABU; MADHUSUDANA REDDY; VENKATA RAMANA, 2018). O sulfato presente na água atuará principalmente na redução da vida útil das estruturas, o ataque por esse íon resulta em expansão, rachadura, fragmentação e, por vezes, reduz a resistência do concreto; essas condições devem-se a formação de produtos expansivos como taumasita, etringita e gesso (ONESMUS MULWA; KARANJA; JACKSON WACHIRA, 2016). A NBR 15900 estabelece que o limite para o teor de sulfato na água, expresso como SO_4^{2-} não deve exceder 2000 mg/L. A norma britânica também apresenta o mesmo valor como limite de tolerância, enquanto a norma americana ASTM C-1602 – *Standart specification for mixing water used in the production of hydraulic cement concrete* tolera até 3000 mg/L.

3.4.3 Nitrato

O Método comumente utilizado para determinação de nitrato em água é o Colorimétrico, também conhecido como Método do Salicilato de Sódio. O princípio do método consiste em uma reação orgânica de substituição: onde ocorre a nitração do salicilato de sódio ($\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$), gerando como produto o ácido nitroso-salicílico, que por sua vez apresenta coloração amarelo alaranjada. A reação química para formação desse produto pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 – Reação de nitração do salicilato de sódio



Fonte: Adaptado de Pohling (2015).

Conforme forem maiores os níveis de nitrato no meio, maior será a intensidade da cor da solução. O ácido nitroso-salicílico é um composto que absorve na região do visível a 420 nm. O espectrofotômetro detectará os níveis de concentração de nitrato a partir da leitura e comparação com uma curva padrão de nitrato.

Segundo Velezmoro Capaldo, Blaco e Peñuela (2014) ao serem analisadas águas não potáveis utilizadas para água de amassamento constatou-se que o comportamento do concreto era modificado pelos níveis de concentração do íon no meio, chegando-se a conclusão que os níveis de nitrato no meio alteravam a resistência do concreto a compressão. A NBR

15900 estabelece o teor máximo de 500 mg/L em águas de amassamento, o mesmo limite é verificado quando consultada a norma britânica.

4. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Química Ambiental (LQA) do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC).

As amostras utilizadas foram coletadas pelo NUTEC, após coleta e armazenamento estavam disponíveis no LQA para que fossem realizadas as devidas análises.

Foram analisadas seis amostras de águas utilizadas para amassamento provenientes de construções em Fortaleza-CE, as quais receberam os seguintes códigos: A-01, A-02, A-03, A-04, A-05 e A-06. As coletas seguiram os procedimentos descritos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Águas, Sedimentos e Efluentes da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011). As análises preliminares seguiram os procedimentos orientados pela ABNT NBR 15900 e os ensaios de cloretos, sulfato e nitrato seguiram as metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017). Todos os ensaios foram realizados em duplicada para maior confiabilidade dos resultados obtidos

4.1 Análise dos parâmetros preliminares

4.1.1 Odor

As amostras foram agitadas de modo a misturar qualquer material que esteja no fundo do recipiente. Com uma pipeta volumétrica graduada foram transferidas 80 mL das amostras para uma proveta de 100 mL. As provetas foram devidamente lacradas com plástico filme e agitadas vigorosamente por trinta segundos. Foi verificado o odor proveniente de cada amostra e comparado com odor em relação a água potável, em seguida cada amostra foi classificada como inodora ou não inodora. Após esse processo, a cada amostra foram adicionados o volume de 0,5mL de ácido clorídrico por meio de uma pipeta automática. As amostras foram agitadas e verificou-se se havia ou não odor típico de sulfeto de hidrogênio.

4.1.2 Detergentes, óleos ou gorduras e cor

As amostras foram agitadas de modo a misturar qualquer material que esteja no fundo do recipiente. Com uma pipeta volumétrica graduada foram transferidas 80 mL das amostras para uma proveta de 100 mL. As provetas foram devidamente lacradas com plástico filme e agitadas vigorosamente por trinta segundos. Na sequência, observou-se a superfície da amostra e verificou-se a presença visível de espuma. As provetas foram colocadas sobre uma superfície sem vibrações e deixadas em repouso por aproximadamente trinta minutos. Ao final dos dois minutos foi verificada se ainda havia presença de espuma e procurou-se quaisquer indícios de óleo ou gordura na superfície. No final dos trinta minutos foi verificada a cor e a tonalidade da amostra em relação à água potável.

4.1.3 Determinação do pH à 25 °C

Primeiramente o equipamento foi calibrado com duas soluções tampão de pH 7 e pH 4, respectivamente. O eletrodo, após a calibração do equipamento, foi limpo com água destilada para, então, serem iniciadas as análises de cada amostra. Transferiu-se uma pequena quantidade de cada amostra homogeneizada para um béquer de 100 mL, antes de cada análise o eletrodo foi excessivamente lavado com água destilada e retirado o excesso de água com papel. O eletrodo foi imerso em uma pequena quantidade da amostra a ser analisada e foram realizadas individualmente duas leituras para cada amostra e os valores obtidos foram registrados após a estabilização da leitura.

4.2 Determinação dos parâmetros de propriedade química

4.2.1 Determinação de cloreto (Cl⁻)

Foi transferido um volume de 50 mL de cada amostra para um Erlenmeyer de 250 mL. À cada amostra foram adicionadas 1mL da solução indicadora de cromato de potássio (K₂CrO₄) 5% por meio de uma pipeta graduada. Na bureta foi adicionada a solução titulante de AgNO₃ 0,0141 N. O ponto de equivalência é observado quando há mudança da coloração inicial da solução amarela para o laranja. As amostras foram analisadas em duplicata, e o volume gasto na bureta anotado individualmente, para em seguida serem realizados os cálculos onde será determinado o teor de cloreto em cada amostra. O cálculo é realizado a partir da equação abaixo:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{V_{(\text{médio})} \times f \times 500}{V_{(\text{amostra})}}$$

(1)

Onde:

$V_{\text{médio}}$ = média aritmética do volume gasto do titulante;

V_{amostra} = volume da amostra titulada;

f = fator de correção da solução nitrato de prata 0,0141 N.

O resultado foi expresso em mg de $\text{Cl}^- \cdot \text{L}^{-1}$.

4.2.2 Determinação de Sulfato (SO_4^{2-})

Utilizou-se de um volume de 50 mL para examinar o teor de sulfato em cada amostra, o qual foi transferido por meio de uma pipeta volumétrica para um Erlenmeyer de 125 mL. Adicionou-se a cada amostra 10 mL da solução ácido-sal e uma ponta de espátula de cloreto de bário (BaCl_2). Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e deixadas em repouso por cerca de 10 minutos. Após decorrido o tempo as amostras foram analisadas no espectrofotômetro UV-VIS (Aquamate 8000 UV-Vis, marca Thermo Scientific) a 420 nm, onde foi obtido a concentração de sulfato. O resultado foi expresso em mg $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{L}^{-1}$.

4.2.3 Determinação de Nitrato (NO_3^-)

Com uma pipeta volumétrica foram transferidos 10 mL de cada amostra para um Becker de 50 mL. Adicionou-se 1 mL de salicilato de sódio ($\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$). As amostras foram levadas a chapa aquecedora a temperatura de 200 °C onde foram aquecidas até evaporação completa do líquido. Em seguida, foi realizada a digestão do resíduo seco pela adição de 2 mL de H_2SO_4 P.A. Após digestão da amostra foram acrescentados 15 mL de água destilada e 15 mL de solução de hidróxido de sódio com tartarato de sódio e potássio. As amostras foram homogeneizadas e, por fim, realizou-se as leituras no espectrofotômetro a 420 nm, onde foi obtido a concentração de Nitrato. O resultado foi expresso em mg de $\text{N-NO}_3^- \cdot \text{L}^{-1}$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise dos parâmetros preliminares das águas de amassamento

O Quadro 3 apresenta os resultados obtidos quando as amostras foram ensaiadas conforme consta na norma brasileira. A avaliação preliminar consta como caráter discriminatório prévio, as amostras que não tiverem de acordo com uma ou mais exigências não poderão ser utilizadas para o amassamento do concreto, apenas em caráter eliminatório para o uso de uma água que não esteja dentro dos limites estabelecidos, a norma define que deverão ser feitos ensaios de tempos de pega e resistência à compressão, e verificar se estes enquadraram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Tabela 3 – Resultado da análise preliminar de águas de amassamento.

Amostras	Óleos e gorduras	Detergentes	Cor	Odor	pH	Avaliação segundo os limites de tolerância da (NBR 15.900)
A-01	Ausência	Ausência	Incolor	Inodora	7,48	Conforme
A-02	Ausência	Ausência	Amarelo claro	Inodora	6,57	Conforme
A-03	Ausência	Ausência	Incolor	Inodora	7,10	Conforme
A-04	Ausência	Ausência	Incolor	Inodora	7,95	Conforme
A-05	Ausência	Ausência	Amarelo claro	Inodora	7,18	Conforme
A-06	Ausência	Ausência	Incolor	Inodora	6,42	Conforme

Fonte: Autor

Observa-se que para os ensaios preliminares todas as amostras atenderam os limites estabelecidos pela ABNT NBR 15900. Esses ensaios são exclusivamente de caráter qualitativo, com exceção da análise de pH; sendo alguns de caráter essencialmente sensorial.

Como foi possível observar na tabela, para o parâmetro óleos e gorduras, não se constatou nenhum traço visível desses elementos, bem como foi possível constatar também a

ausência de qualquer traço de espuma nas amostras decorrido 2 minutos após uma agitação vigorosa de 30 segundos.

Quanto a análise da cor, as amostras A-02 e A-05 apresentaram uma coloração amarelo claro, o que segundo consta na norma está dentro dos limites de aceitação. As demais amostras quando comparadas com água potável constatou-se ser de mesma natureza visual.

O odor das amostras aproximou-se muito comparativamente ao odor relativo à água potável, apresentando leve diferença, mas característico da fonte da amostra do que qualquer traço evidente e significativo de contaminantes.

No que se refere aos ensaios de pH, observa-se que todos estão em consonância com o que diz a norma. Ademais, avaliando minuciosamente esses valores, sob escrutínio da literatura, verifica-se que as amostras A-02 e A-06 apresentam valores levemente ácidos que, segundo Kucche, Jamkar e Sadgir (2015), atacam o concreto dissolvendo parte do cimento. Esse ataque não causa expansão da massa, mas acaba por enfraquecer o material progressivamente pela dissolução de alguns constituintes. Mehta e Monteiro (2013) salientam que um ataque químico ao concreto depende sobretudo de duas variáveis: a permeabilidade do concreto e do quão agressivo é o pH. Em baixas permeabilidades e em pH acima de 6 esse ataque químico torna-se muito lento.

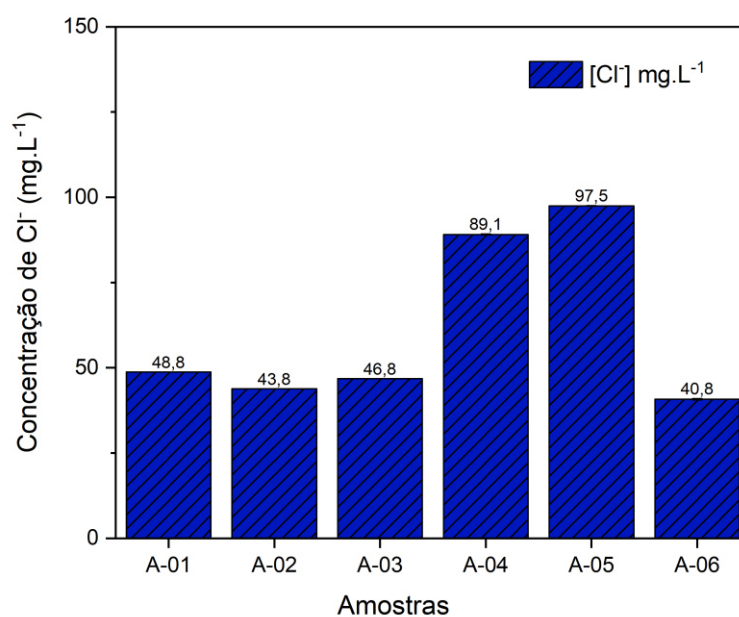
Segundo Babu, Reddy e Ramana (2018) o pH ideal para água de amassamento encontra-se entre 7,2 e 7,6. Todas as amostras encontram-se dentro do limite estabelecido pela norma, e estão em uma faixa cujos valores não são agressivos, nem se mostram prejudiciais para mistura de concreto.

5.2 Análise dos parâmetros de propriedade química das águas de amassamento

5.2.1 Análise de cloreto em águas de amassamento

Pelo método argentométrico foram analisadas todas as amostras para água de amassamento. A Figura 4 indica os valores obtidos de concentração de cloreto para as seis amostras analisadas.

Figura 4 – Gráfico de concentração de cloreto nas amostras de água para amassamento



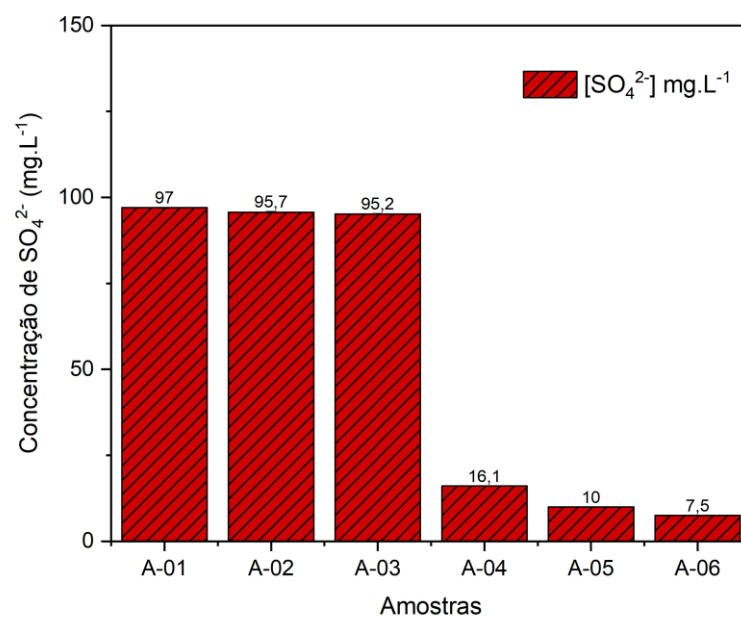
Fonte: Autor

Sob escrutínio da norma, constata-se que todas as amostras estão dentro dos limites estabelecidos, apresentando valores muito distantes do que estabelece o menor limite da legislação, 500 mg.L^{-1} para concreto protendido ou graute. (SU; MIAO; LIU, 2002) observam que o limite para concentração de íons cloreto em água de torneira na maioria dos países é de 250 ppm. Ao comparar com os valores obtidos no ensaio todas as amostras ainda se encontram abaixo desse limite, o que pode indicar que se trata de águas de fontes subterrâneas, uma vez que essas possuem concentrações menores de cloreto pois não passaram por um tratamento de cloração. Desse modo, constata-se, que todas as amostras ensaiadas estão aptas para serem usadas no amassamento de concreto.

5.2.2 Análise de sulfato em águas de amassamento

Os valores de concentração de íon sulfato nas amostras de água para amassamento pode ser observados no gráfico ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Gráfico de concentração de sulfato nas amostras de água para amassamento



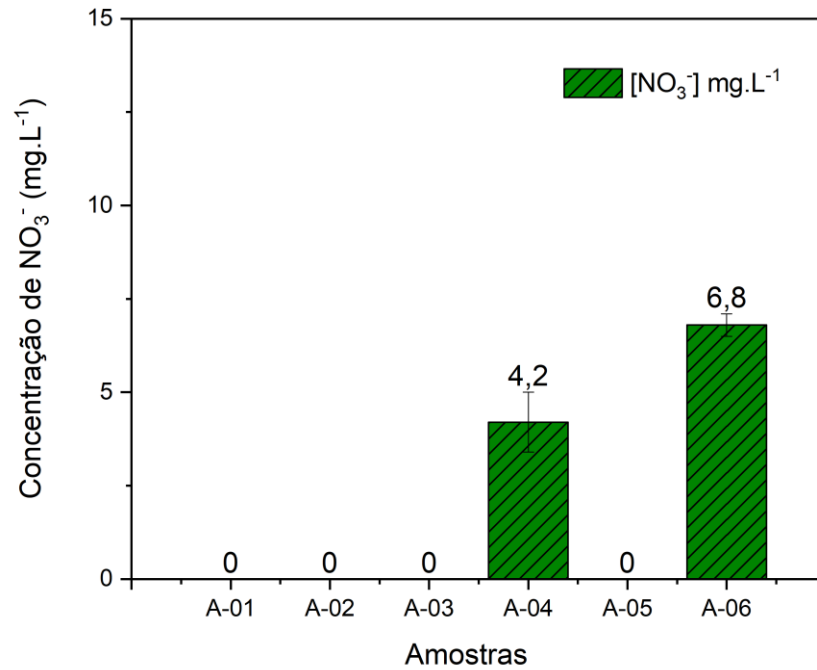
Fonte: Autor

Como é possível verificar, todas as amostras encontram-se em um nível abaixo do limite estabelecido pela ABNT NBR 15900, que estabelece um valor limite máximo de 2000 mg/L . Um alto teor de sulfato presente na água preocupa, pois contribui para formação de etringita, causando expansão do concreto e contribuindo para o aparecimento de fissuras na estrutura (SU; MIAO; LIU, 2002). Os teores de sulfatos encontrados não contribuem para o comprometimento futuro da estrutura, portanto, todas as águas mostram-se adequadas para o amassamento do concreto.

5.2.3 Análise de nitrato em águas de amassamento

O teor de nitrato em cada amostra pode ser verificado na Figura 7.

Figura 6 – Gráfico de concentração de nitrato nas amostras de água para amassamento



Fonte: Autor

Como é possível observar, por meio do gráfico obtido, as amostras A-04 e A-06 apresentaram concentrações de 4,2 e 6,8 $\text{mg N-NO}_3^{-1}\text{L}^{-1}$, respectivamente. As demais amostras apresentaram concentrações abaixo do limite de quantificação. Conclui-se, portanto, que todas as amostras se apresentam conforme os termos estabelecidos pela legislação quanto ao limite de nitrato em águas de amassamento, e os valores mensurados não são capazes de afetar substancialmente os parâmetros de qualidade do concreto.

6 CONCLUSÃO

Após a coleta de amostras que se destinariam exclusivamente para o amassamento de concreto, foram realizados ensaios de caráter qualitativo e quantitativo. Os ensaios foram realizados tendo como referência a NBR 15900 – Água para amassamento do concreto, a qual define todos os parâmetros que devem ser ensaiados para que uma amostra esteja em conformidade com a legislação nacional para águas de amassamento; além dos parâmetros a serem avaliados, a norma separa os ensaios em preliminares: ensaios que objetivam uma discriminação prévia das águas utilizadas e ensaios de propriedades químicas, que determinam a concentração exata de analitos no meio. A norma define limites de concentração dos analitos avaliados, e no caso de ensaios de caráter sensorial, define a natureza da qualidade que deve atender a amostra ensaiada. Por meio de metodologias oficiais e/ou bem estabelecidas na literatura foi feito o controle de qualidade através da avaliação dos parâmetros: óleos ou gorduras, cor, odor, detergente, pH, cloreto, sulfato e nitrato. Com os resultados obtidos foi possível observar que, todas as amostras tiveram seus parâmetros preliminares (cor, odor, óleos ou gorduras, pH e detergente) avaliados e estavam conforme estabelece os critérios da norma para sua adequação, portanto, a discriminação prévia desses fatores mostrou que as águas avaliadas estavam aptas para o uso. Cabe observar o rigor analítico da metodologia aplicada na avaliação de parâmetros de natureza exclusivamente sensorial, uma vez que ensaios desse caráter estão sujeitos a uma análise individual e subjetiva do analista. Quanto aos ensaios de propriedade química, foi possível observar que os teores de cloreto, nitrato e sulfato nas amostras, ficaram muito abaixo do máximo permitido pela norma; os níveis encontrados desses analitos nas fontes avaliadas estão de acordo com o que estabelece a ABNT NBR - 15900, o que assegura, portanto, sua utilização no amassamento de concreto sem causar qualquer prejuízo à estrutura a qual se destinará. Em suma, verificou-se que as avaliações preliminares e químicas apresentaram-se de acordo com a ABNT NBR - 15900, assegurando a utilização de todas as amostras para utilização no amassamento de concreto sem causar qualquer prejuízo a estrutura a qual se destinará.

7. REFERÊNCIAS

ABCP. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**, 28 ago. 2013. Disponível em: <https://abcp.org.br/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/> Acesso em: 15 jan. 2021.

_____. **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto – Parte I: Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

APHA. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC, 2017

Água, energia, esgoto: o acesso a serviços de acordo com a renda. **Nexo Jornal**, 05 jul. 2018. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/grafico/2018/07/05/Água-energia-esgoto-o-acesso-a-serviços-de-acordo-com-a-renda>. Acesso em: 01 fev. 2021.

ASTM INTERNACIONAL. **C94/C94M-17A**: Standard Specification for Ready mix Concrete. West Conshohocken, Estados Unidos da América: ASTM, 2017.

ASTM INTERNACIONAL. **C-1602**: Standard Specification for Mixing water used in the production of hydraulic cement concrete. West Conshohocken, Estados Unidos da América: ASTM, 2012.

ALDAYEL ALDOSSARY, M. H.; AHMAD, S.; BAHRAQ, A. A. Effect of total dissolved solids-contaminated water on the properties of concrete. **Journal of Building Engineering**, v. 32, n. September 2019, p. 101496, 2020.

ANA. **Manual dos Usos Consuntivos de Água do Brasil**. [s.l: s.n.].

AWOYERA, P. et al. Reinforced concrete deterioration caused by contaminated construction water: An overview. **Engineering Failure Analysis**, v. 116, n. June, p. 104715, 2020.

BS:EN:1008:2002. Mixing water for concrete. Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete. **BSI Standards Publication**, v. 3, n. December, p. 22, 2002.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista USP**, v. 0, n. 106, p. 45, 2 set. 2015.

KUCCHE, K. J.; JAMKAR, S. S.; SADGIR, P. A. Quality of Water for Making Concrete : A Review of. **International Journal of Scientific and Research Publications**, ISSN:2250-3153, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2015.

NEVILLE, A. Water Cinderella Ingredient of Concrete. **Concrete International**, v. 22, n. 9, [s.d.].

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. Bookman Editora, 2013.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto-5ª Edição**. Bookman Editora, 2015.

ONESMUS MULWA, M.; KARANJA, J.; JACKSON WACHIRA, M. Effect of sulphate ions in mixing water on cement mortar performance. **IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)**, v. 9, n. 1, p. 11–15, 2016.

O que é segurança hídrica e quais as regiões mais ameaçadas no Brasil. **Nexo Jornal** 24 ago. 2020. Disponível em: <https://pp.nexojornal.com.br/Dados/2020/08/24/O-que-é-segurança-hídrica-e-quais-as-regiões-mais-ameaçadas-no-Brasil>. Acesso em: 02 fev. 2021.

P. KUMAR MEHTA; PAULO J. M. MONTEIRO. **Concrete Microstructure, Properties, and Materials**. 4ª ed. [s.l.] McGraw-Hill Professional Publishing, 2013.

REDDY BABU, G.; MADHUSUDANA REDDY, B.; VENKATA RAMANA, N. Quality of mixing water in cement concrete "a review. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 1, p. 1313–1320, 2018.

ROLF POHLING. **Chemische Reaktionen in der Wasseranalyse**. 2015th. ed. [s.l.] Springer Spektrum, 2015.

SU, N.; MIAO, B.; LIU, F. S. Effect of wash water and underground water on properties of concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 32, n. 5, p. 777–782, 2002.

WWAP/ONU. Água E Mudança Climática. **Relatorio Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, p. 12, 2020.

UNESCO, UN-Water: **United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change**, Paris, UNESCO, 2020.

VELEZMORO CAPALDO, A. C.; BLANCO, H. A.; PEÑUELA, C. Influencia del nitrato presente en el agua de mezclado sobre las propiedades físicas del concreto. **Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela**, v. 29, n. 2, p. 61–67, 2014.

WWAP/ONU. Água E Mudança Climática. Relatorio Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, p. 12, 2020.