



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

**JONATÃ GOMES DE SOUZA**

**ANÁLISE DA CONDIÇÃO DA ÁGUA DE POÇOS DA CIDADE DE ARARUNA-PB,  
UTILIZADA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO  
E ARGAMASSA**

**ARARUNA / PB**

**2018**

**JONATÃ GOMES DE SOUZA**

**ANÁLISE DA CONDIÇÃO DA ÁGUA DE POÇOS DA CIDADE DE ARARUNA-PB,  
UTILIZADA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO  
E ARGAMASSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos.

**ARARUNA / PB**

**2018**

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.

S719a Souza, Jonata Gomes de.

Análise da condição da água de poços da cidade de Araruna-PB, utilizada como água de amassamento na produção de concreto e argamassa [manuscrito] / Jonata Gomes de Souza. - 2018.

31 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2018.

"Orientação : Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Água. 2. Concreto. 3. Argamassa. I. Título

21. ed. CDD 628.16

**JONATÃ GOMES DE SOUZA**

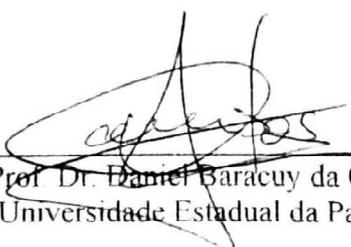
**ANÁLISE DA CONDIÇÃO DA ÁGUA DE POÇOS DA CIDADE DE ARARUNA-PB,  
UTILIZADA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO  
E ARGAMASSA.**

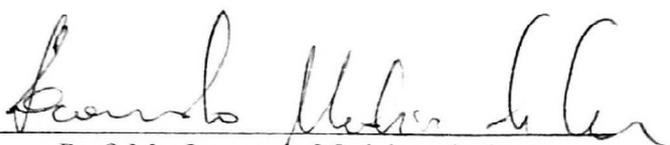
Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

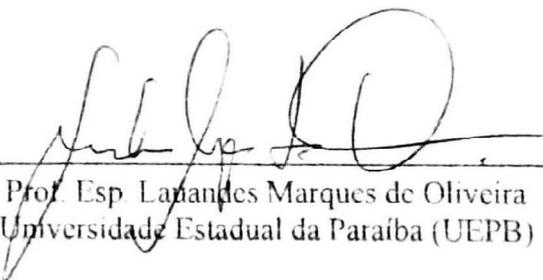
Área de concentração: Construção civil.

Aprovado em: 11/12/18

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Me. Leonardo Medeiros da Costa  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Esp. Luanes Marques de Oliveira  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A Deus, que sempre foi o autor da minha vida,  
do meu destino e meu maior apoio nos  
momentos difíceis, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus ídolos, meus pais Aurimar Gomes de Souza e José Barbosa de Souza (in memoriam), obrigado pelo amor incondicional, pelo exemplo de vida e por toda a batalha enfrentada para me oferecer uma educação de qualidade.

Aos meus irmãos Jailson Gomes de Souza, Jacimara Gomes de Souza e Jaciara Gomes de Souza, que de diferentes maneiras contribuíram em minha formação pessoal e profissional.

Agradeço a minha namorada Aline Rayane de Souza, que me deu forças e foi compreensiva com os momentos em que permaneci distante.

Aos meus avós, tias e tios, primos e sobrinhos, obrigado pelo apoio e torcida.

Meu eterno agradecimento a todos os meus amigos, que deram uma contribuição valiosa para a minha jornada acadêmica.

Aos professores do curso de graduação da UEPB, que contribuíram ao longo de cinco anos, por meio das disciplinas e debates, para minha formação.

Não posso deixar de agradecer em especial meu orientador, Daniel Baracuy da Cunha Campos pelo apoio ao longo de toda essa orientação.

Agradeço à empresa Diógenes LTDA, pela oportunidade de fazer estágio supervisionado, em especial ao Eng. Civil Alex Robert Lira.

À Universidade Estadual da Paraíba, que me proporcionou a chance de expandir meus horizontes.

Por fim, manifesto aqui minha gratidão a Deus, que me deu força e capacidade para realizar o sonho de concluir a graduação.

*“Tudo tem seu tempo determinado, e há tempo  
para todo propósito debaixo do céu.”*

*(Eclesiastes 3:1)*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	9
2.1 CONCRETO E ARGAMASSA .....	9
2.2 ÁGUA DE AMASSAMENTO .....	10
2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS .....	11
<b>2.3.1 Retração Plástica e Hidráulica</b> .....	11
<b>2.3.2 Corrosão das Armaduras do Concreto Armado</b> .....	11
<b>2.3.3 Eflorescência</b> .....	12
<b>2.3.4 Ataque por Sulfatos</b> .....	12
<b>2.3.5 Reação Álcali-agregado</b> .....	12
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	13
3.1 OBJETIVO GERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	13
4.1 COLETA DE AMOSTRAS DE ENSAIO .....	13
4.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO.....	14
4.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE ARGAMASSAS.....	17
<b>4.3.1 Preparação e Caracterização do Agregado Miúdo - Areia</b> .....	17
<b>4.3.2 Produção dos Corpos de Prova</b> .....	20
<b>4.3.3 Rompimento dos Corpos de Prova</b> .....	21
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
5.1 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO.....	22
5.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE ARGAMASSAS.....	24
<b>5.2.1 Caracterização do Agregado Miúdo - Areia</b> .....	24
<b>5.2.2 Resistência à Compressão</b> .....	25
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	27
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34

# ANÁLISE DA CONDIÇÃO DA ÁGUA DE POÇOS DA CIDADE DE ARARUNA-PB, UTILIZADA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO E ARGAMASSA

Jonatã Gomes de Souza<sup>1</sup>

## RESUMO

A qualidade de concretos e argamassas está diretamente ligada à qualidade de seus materiais componentes, dentre eles, a água de amassamento. A água destinada à produção desses materiais não deve conter substâncias que possam vir a prejudicar as reações de hidratação do cimento, já que isto possibilita o surgimento de patologias que afetam diretamente na serventia, durabilidade e segurança das estruturas. Por este motivo, o trabalho teve como objetivo realizar a análise da condição da água de poços da cidade de Araruna-PB, a fim de identificá-la, de acordo com as especificações da ABNT NBR 15900/2009, como adequada ou não à produção de concretos e argamassas. O estudo recorreu aos procedimentos de campo, laboratoriais e bibliográficos, através da coleta, análise e interpretação de dados sobre amostras de água de amassamento de três poços da cidade de Araruna-PB, como metodologia. Foi realizada a análise físico-química das águas dos três poços freáticos, seguindo os procedimentos normativos prescritos na ABNT NBR 15900/2009, responsável por especificar os parâmetros necessários para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto e argamassa. Além disso, foram produzidos corpos de prova de argamassa com traço 1:3 (cimento:areia) e relação a/c 0,48, de acordo com a ABNT NBR 7215/1996. Com o propósito de comparar os resultados para o ensaio de resistência à compressão, os corpos de prova foram produzidos utilizando-se água padrão (destilada) e água suspeita de três poços freáticos da cidade. Os ensaios físico-químicos da água dos três poços freáticos analisados mostraram que todos os parâmetros examinados estavam com valores dentro dos limites exigidos por norma, com exceção do pH dos Poços 1 e 2, que apresentaram valores de 4,0 e 4,6, respectivamente, quando o valor aceitável pela norma é de  $\text{pH} \geq 5$ . Para o ensaio de resistência à compressão, as argamassas produzidas com água proveniente de poços freáticos da cidade de Araruna-PB, atenderam ao estabelecido pela norma, que é obter, no mínimo, 90% da resistência média à compressão das argamassas produzidas com água destilada. Portanto, os resultados obtidos permitiram a verificação completa da viabilidade de utilização das águas dos poços freáticos da cidade de Araruna-PB na produção de concreto e argamassa, uma vez que os corpos de prova de argamassa produzidos com água de poço atenderam ao especificado pela ABNT NBR 15900/2009.

**Palavras-Chaves:** Análise físico-química. Resistência à compressão. ABNT NBR 15900:2009. Durabilidade do concreto. Durabilidade da argamassa.

---

<sup>1</sup>Aluno de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba - Campus VIII.  
Email: jonatagomes83@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Na construção civil a água é considerada como um dos insumos mais utilizados para os diversos serviços que englobam esse setor, seja como componente constituinte de argamassas e concretos ou como ferramenta de limpeza, resfriamento e compactação de terrenos. A água de amassamento apresenta-se como um material fundamental nos diversos elementos construtivos presentes em uma obra, e influencia diretamente na qualidade e segurança da mesma.

Diante de sua importância, a água utilizada na produção de concretos e argamassas, que ganha o nome de água de amassamento, deve obedecer às prescrições das normas técnicas vigentes passando por avaliações de qualidade, de modo que seja utilizada na quantidade apropriada e esteja isenta de substâncias prejudiciais ao desempenho desses materiais. Para isso, é feito uso da norma ABNT NBR 15900-1/2009, que especifica os teores máximos de constituintes prejudiciais na água e orienta quais métodos se utiliza para a análise preliminar e química da mesma (LIMA, 2014).

Embora concretos e argamassas sejam os materiais construtivos mais consumidos do mundo, o conhecimento e a divulgação de práticas construtivas adequadas não acompanharam o crescimento de sua utilização no mercado da construção civil, conseqüentemente, as manifestações patológicas responsáveis pela degradação das estruturas construídas a partir destes, são frequentes e causam danos econômicos, ambientais e sociais, até mesmo irreversíveis.

A deterioração do concreto e da argamassa resulta quase sempre da combinação de fatores externos e internos de processos químicos, físicos, mecânicos e biológicos, que alteram a capacidade dos materiais desempenharem suas funções preestabelecidas, afetando de modo direto na estética, conforto, segurança e durabilidade da obra. Manifestações patológicas como eflorescência, ataques por sulfatos, sais e ácidos, além das reações álcalis-agregado, são extremamente nocivas a esses materiais e estão diretamente relacionadas à qualidade da água de amassamento utilizada nos seus processos produtivos (LAPA, 2008).

Neste cenário, as águas de fontes subterrâneas que para utilização na produção de concretos e argamassas devem ser ensaiadas, acabam sendo utilizadas sem o conhecimento de quais prejudiciais substâncias estão influenciando na qualidade final desses produtos. A cidade de Araruna-PB utiliza água de poços como principal fonte de abastecimento e faz seu emprego em diversas atividades, dentre elas, a produção de concretos e argamassas. Assim, o presente trabalho objetiva analisar a condição da água de poços da cidade de Araruna-PB, de

acordo com as especificações da NBR 15900/2009, a fim de identificá-las como adequadas ou não à produção de concretos e argamassas. Além disso, mostra-se imprescindível e de grande valia a construção civil, a comunidade científica e principalmente a população ararunense, já que o tema possui pouco desenvolvimento científico atualmente e custa um valor quase sempre inacessível à população.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 CONCRETO E ARGAMASSA**

O concreto é classificado como um compósito, ou seja, um material formado pela união de outros materiais, nos quais são eles: o aglomerante (cimento na presença de água), os agregados miúdos e graúdos (areia, pedregulho, rocha britada, etc.), os aditivos e as adições (PEDROSO, 2009). Sua aplicação em larga escala se deve ao fato de possuir boa trabalhabilidade, durabilidade, economia e alta resistência mecânica.

Por outro lado, as argamassas são materiais de construção resultantes da mistura de um ou mais ligantes com agregado miúdo e água, podendo também conter aditivos. As argamassas possuem propriedades de aderência e endurecimento e é amplamente empregada em diversos sistemas construtivos, dentre eles, no assentamento de blocos, tijolos, azulejos, e cerâmica, no revestimento de paredes, pisos e tetos, e na impermeabilização e regularização de superfícies (MARGALHA, 2011).

Almeida (2002) afirma que as propriedades de cada um dos materiais componentes do concreto e suas proporções exatas devem ser estudadas e analisadas, o que vale também para as argamassas, visto que esse material possui em sua composição os mesmos materiais do concreto, exceto o agregado graúdo.

Segundo Lapa (2008), embora o concreto apresente excelentes resultados de qualidade e desempenho, é importante serem adotados cuidados na elaboração deste material objetivando aumentar seu desempenho e sua vida útil, visto que a maioria dos materiais e componentes tem sua forma e qualidade de aplicação normatizada. “Entretanto, o sistema de controle tem-se mostrado bastante falho, e o método para a fiscalização e aceitação dos materiais normalmente não é aplicado, demonstrando a fragilidade e a má organização da indústria da construção” (SANTOS, 2014, p.16).

Lima (2014) relata que em todo o mundo muitos dizem serem “conhecedores” de concreto, mas com as diversas condições e características que uma obra exige poucos não colocam em dúvida a qualidade final do material.

## 2.2 ÁGUA DE AMASSAMENTO

Na produção de concreto e argamassa, a água representa uma parcela do volume da mistura e é responsável pelas reações de hidratação do cimento, permitindo a ligação entre os componentes do concreto e das argamassas e conferindo boa trabalhabilidade à mistura. Portanto, se a quantidade de água de amassamento empregada na mistura não for adequada, ou se a mesma contiver substâncias prejudiciais acima dos teores normatizados, as argamassas e os concretos terão seus comportamentos e propriedades alteradas (CIMENTO.ORG, 2010).

O teor de água no concreto e na argamassa é dado pelo fator água/cimento, ou seja, pela relação entre o peso da água e do cimento contidos nas misturas dos materiais, variando entre 0,45 e 0,65, dependendo do tipo e da aplicação desses produtos (ABNT NBR 12655, 2006).

Caso haja um acréscimo de água na mistura, esta apresentará melhor trabalhabilidade, contudo, haverá um aumento na porosidade e permeabilidade que contribuem para o aumento de retração e diminuição da resistência à compressão, fazendo com que a vida útil do elemento a ser construído com esses materiais diminua (COSTA, 2015). A relação água/cimento é tida como fator determinante na suscetibilidade do concreto ao ingresso de agentes externos, pois interferem na porosidade, permeabilidade e capacidade de absorção (HELENE, 1999).

No que concerne à composição física, química e microbiológica da água, as normas da ABNT estabelecem que a água de amassamento deve ser analisada caso não venha da rede pública de abastecimento (água potável). Tal fato é necessário visto que, quando superior aos limites impostos, substâncias prejudiciais dissolvidas e suspensas na água de amassamento podem afetar significativamente as reações de hidratação do cimento, comprometendo assim a qualidade final de concretos e argamassas.

Contaminações na água de amassamento de concretos e argamassas tais como: cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos, álcalis, açúcares, chumbo e zinco, podem alterar significativamente o tempo de pega e a resistência à compressão desses materiais (ABNT NBR 15900-1, 2009). Além disso, Santos (2014) afirma que essas contaminações são causadoras de manifestações patológicas como corrosão das armaduras e eflorescência.

Dada à devida importância da influência das substâncias presentes na água, a ABNT 15900:2009 composta por 11 partes classifica os diversos tipos de água encontrados e especificam os requisitos, procedimentos de amostragem e os métodos de avaliação,

necessários para caracterizar um determinado tipo de água como adequada ou não para a produção do concreto e argamassa.

## 2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

As patologias em concretos e argamassas comumente se manifestam após determinado tempo de concluída a obra, porém as causas de tais problemas se encontram antes mesmo do início do processo de construção, por meio do desconhecimento da qualidade dos materiais, do uso de mão de obra desqualificada, da inexistência de controle de qualidade, entre outros (SANTOS, 2014). Diante disso, a água de amassamento está diretamente ligada à ocorrência de algumas manifestações patológicas do concreto, seja devido à utilização errônea da relação água/cimento, seja por causa da presença de substâncias lesivas ao seu desempenho.

### 2.3.1 Retração Plástica e Hidráulica

A retração plástica ocorre na fase plástica de concretos e argamassas sendo responsável pelo aumento da porosidade e o surgimento de trincas. Esse fenômeno é devido ao processo de exsudação, cujo material de maior densidade (agregado) tende a descer dentro da mistura, já a água em excesso, que não está sendo utilizada na reação de hidratação do cimento, decanta e posteriormente evapora fazendo com o concreto e/ou a argamassa retraia. A ocorrência desse problema patológico tem maior intensidade quanto maior for à relação água/cimento na mistura (FIGUEIREDO, 2016).

A retração hidráulica, diferentemente da plástica, ocorre na fase endurecida desses materiais e é caracterizada pela a diminuição do volume do material devido à remoção do excesso da água de amassamento. A água em excesso evapora quando o concreto e/ou a argamassa seca pelo contato com o ar, fazendo com que surjam fissuras e empenamento em suas estruturas (LAPA, 2008).

### 2.3.2 Corrosão das Armaduras do Concreto Armado

A capacidade de incorporação de aço por parte do concreto em sua composição, possibilita um melhoramento das propriedades mecânicas do material, contudo essa vantagem trás consigo um problema bastante comum, a corrosão. A armadura sofre o processo de corrosão quando o pH do concreto que envolve a ferragem possui caráter ácido devido a ação de íons cloretos além dos limites normatizados. Os cloretos podem estar presentes no concreto através da água de amassamento contaminada, trazendo problemas como a diminuição da

aderência entre o aço e o concreto, ocorrência de fissurações por expansão da armadura e degradação da camada de concreto que envolve a armadura (SOUZA; RIPPER, 1998).

### **2.3.3 Eflorescência**

As eflorescências são manchas de coloração geralmente branca que se desenvolvem na superfície de concretos e argamassas devido à migração e posterior evaporação de uma solução aquosa salinizada, fazendo com que sais se depositem nas superfícies desses materiais. Os sais que proporcionam esse fenômeno comumente são encontrados na própria água de amassamento e em águas contaminadas que ascendem do subsolo até o elemento de concreto e/ou argamassa, por capilaridade, causando perda de resistência e danos estéticos aos concretos e argamassas (MELO, 2011).

### **2.3.4 Ataque por Sulfatos**

Os sulfatos são substâncias que reagem com a pasta de cimento hidratada e podem apresentar manifestações patológicas na forma de expansão do concreto, promovendo tensões internas que culminam na fissuração do material. Tais substâncias que podem ser encontradas no cimento, nos agregados, e na própria água de amassamento dão origem ao fenômeno de ataque por sulfatos, que se apresenta altamente prejudicial ao concreto uma vez que promove a perda progressiva de resistência e massa do material, devido à deterioração dos produtos de hidratação do cimento (SANTOS, 2014).

### **2.3.5 Reação Álcali-agregado**

A reação química que ocorre no interior da estrutura de concreto, envolvendo os hidróxidos alcalinos oriundos do cimento ou da água de amassamento com minerais reativos dos agregados, é denominada reação álcali-agregado. O resultado dessa reação é a formação de produtos que na presença de umidade se expandem, comprometendo a estrutura do concreto com fissuras e deslocamentos (FIGUEIREDO, 2016).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Verificar a qualidade da água de amassamento oriunda de poços da cidade de Araruna-PB, a fim de caracterizar como viável ou não, aplicando-se os preceitos da ABNT NBR 15900/2009, o seu uso na produção de concreto e argamassa.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar físico e quimicamente a água de amassamento proveniente de três poços freáticos da cidade de Araruna-PB;
- Realizar ensaios de resistência a compressão simples de corpos de provas de argamassa produzidos com água destilada e com água proveniente de três poços freáticos da cidade de Araruna-PB;
- Efetuar uma análise comparativa dos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, verificando se houve interferência da água de amassamento de poço freático na resistência mecânica da argamassa.

### **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

De modo a obter os resultados esperados, a pesquisa fez uso de procedimentos de campo, laboratoriais e bibliográficos, através da coleta, análise e interpretação de dados sobre amostras de água de amassamento de poços da cidade de Araruna-PB, de acordo com os itens a seguir.

#### **4.1 COLETA DE AMOSTRAS DE ENSAIO**

Foram coletadas amostras de água suspeita de três poços freáticos, de acordo com a ABNT NBR 15900-2/2009, a fim de realizar a análise físico-química da água e os ensaios de resistência à compressão simples de argamassas. Os recipientes utilizados para a coleta foram garrafas plásticas, mas especificamente garrafas de Polietileno Tereftalato (PET) de 2 litros de capacidade, com tampa e perfeitamente limpas e enxaguadas com a mesma água que cada uma iria armazenar, como é apresentado na Figura 1.

Figura 1- Amostras de água suspeita



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

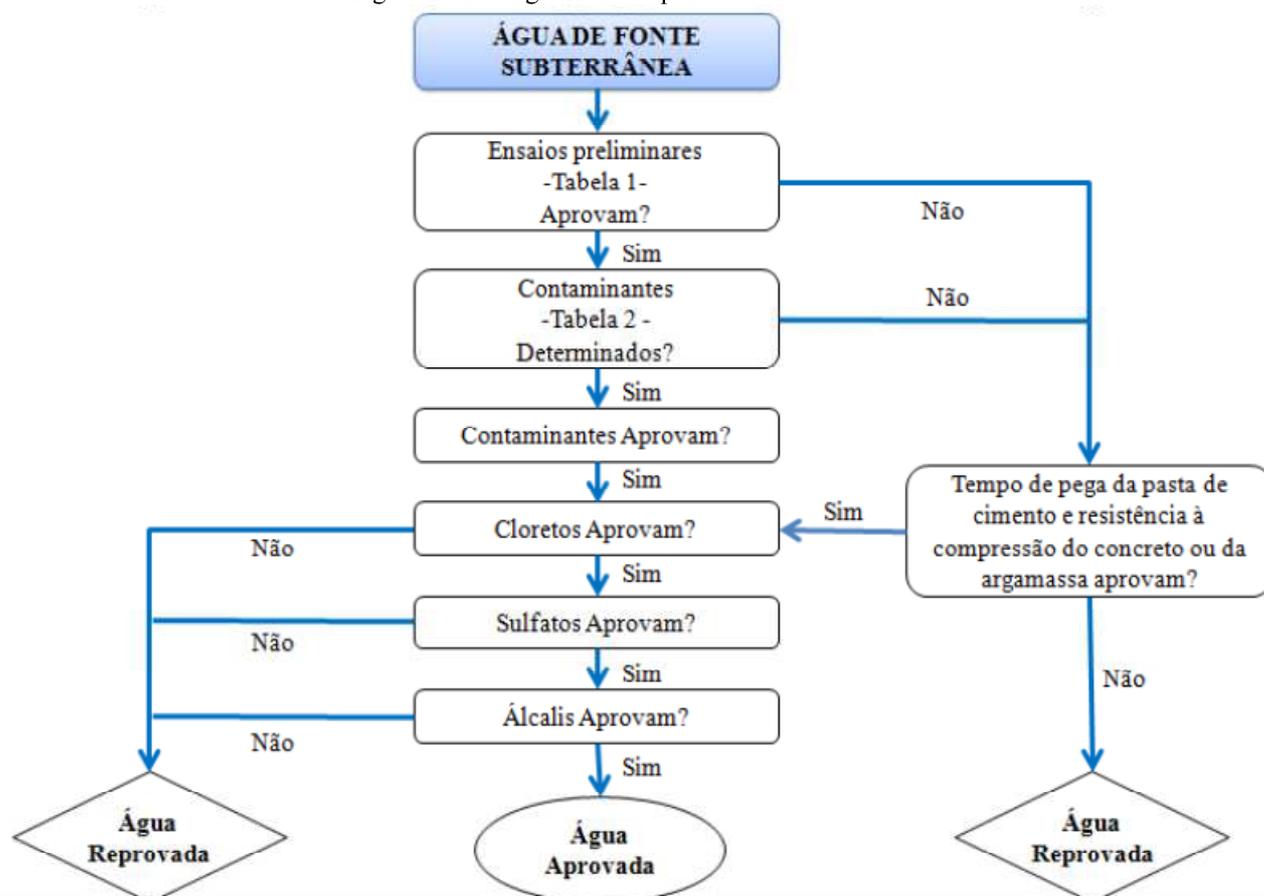
Em se tratando de águas subterrâneas, as amostras foram coletadas com o auxílio de bomba e somente após o fluxo de água que permitia a lavagem completa dos dutos.

A amostra de água destilada foi obtida realizando-se o processo de destilação da água fornecida pelo sistema de abastecimento de água da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), no laboratório de química do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba.

#### 4.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO

A análise físico-química das amostras de água de suspeita, coletadas de acordo com 4.1, foi realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O fluxograma da Figura 2 apresenta a sequência de ensaios que fornecem os subsídios necessários para a aceitação ou recusa de uma amostra de água para produção de concreto e argamassa.

Figura 2 - Fluxograma da sequência de ensaios



Fonte: Adaptado de NBR 15900 (ABNT, 2009).

A análise físico-química da água se inicia com os ensaios preliminares que analisam os parâmetros constantes na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros e limites de referência para os ensaios preliminares

Parâmetro	Referência
Óleo e gorduras	Não mais que traços visíveis
Detergentes	Ausentes
Cor	Amarelo claro a incolor
Odor	Inodora
Matéria orgânica	Cor mais clara ou igual à solução padrão, após adição de NaOH
Material sólido	Máximo de 50 000 mg/L
Ácidos (pH)	$\geq 5$

Fonte: Adaptado de NBR 15900 (ABNT, 2009).

Caso todos os parâmetros da Tabela 1 obedeam aos valores normativos de referência, a próxima etapa é a análise de contaminantes constantes na Tabela 2. Por outro lado, a água que não estiver de acordo com uma ou mais das exigências da Tabela 1 pode ser usada na produção de concreto e argamassa, apenas se os ensaios de tempo de pega da pasta de cimento e de resistência à compressão do concreto ou da argamassa obtiverem os valores exigidos por norma.

Tabela 2 - Contaminantes e seus teores máximos permitidos por norma em amostras de água suspeita

Parâmetro	Referência
Açúcares	≤ 100 mg/L
Fosfatos	≤ 100 mg/L
Nitratos	≤ 100 mg/L
Chumbo	≤ 100 mg/L
Zinco	≤ 100 mg/L

Fonte: Adaptado de NBR 15900 (ABNT, 2009).

Contaminações na água de amassamento do concreto por substâncias como açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco podem alterar os tempos de pega e resistências à compressão do concreto e da argamassa. Devido o fato da dificuldade de encontrar laboratórios capacitados para realizar a análise dos contaminantes prescritos na Tabela 2, preferiu-se por não realizá-los. Na ausência desses ensaios devem ser realizados os ensaios de tempo de pega da pasta de cimento e resistência à compressão do concreto ou da argamassa em amostras de referência (com água destilada) e paralelamente com a água em ensaio (água de poço freático).

Por fim, foi realizada a análise dos teores de cloretos, sulfatos e álcalis presentes nas amostras de água suspeita, cujos valores normativos de referência são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Limites de referência para cloretos, sulfatos e álcalis em amostras de água suspeita

<b>Parâmetros</b>	<b>Referências</b>
	$\leq 500$ mg/L para concreto protendido ou graute
Cloretos	$\leq 1\ 000$ mg/L para concreto armado
	$\leq 4\ 500$ mg/L para concreto simples (sem armadura)
Sulfatos	$\leq 2\ 000$ mg/L
Álcalis	$\leq 1\ 500$ mg/L

Fonte: Adaptado de NBR 15900 (ABNT, 2009).

Na tabela acima é importante observar que o teor máximo de cloretos permitido pela norma varia de acordo com o tipo de concreto produzido. Tal fato ocorre pelo potencial de corrosão das armaduras que é aumentado ao mesmo tempo em que a concentração de cloretos na composição do concreto é maior.

#### 4.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE ARGAMASSAS

O texto normativo da ABNT NBR 15900/2009 afirma que o ensaio de resistência à compressão, para a análise da qualidade da água de amassamento, pode ser realizado tanto em corpos de prova de concreto quanto em corpos de prova de argamassa. A pesquisa realizou o ensaio de resistência à compressão de argamassas, uma vez que a aparelhagem necessária para o rompimento dos corpos de prova de concreto não estavam disponíveis no Laboratório de Materiais e Geotecnia da Universidade Estadual da Paraíba (Campus VIII), local onde foi realizado todo o ensaio seguindo os procedimentos experimentais dispostos abaixo.

De acordo com a ABNT NBR 15900/2009, a resistência média à compressão aos 7 dias e 28 dias de corpos-de-prova de concreto ou de argamassa, preparados com a água em ensaio (água de poço freático), deve alcançar pelo menos 90 % da resistência à compressão média de corpos-de-prova preparados com água destilada ou deionizada.

##### 4.3.1 Preparação e Caracterização do Agregado Miúdo - Areia

A norma ABNT NBR 7215 que especifica os métodos de determinação da resistência à compressão de cimento Portland, prevê que a areia utilizada na preparação das argamassas

deve atender às prescrições da ABNT NBR 7214. De acordo com essa referência normativa, o agregado miúdo deve ser a areia normal brasileira produzida pelo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), que possui características padronizadas quanto a sua quantidade de material pulverulento, umidade, conglomerados argilosos, feldspato, mica e matéria orgânica. A utilização de uma areia que não possui tais características pode alterar significativamente os resultados finais da resistência à compressão da argamassa.

O agregado miúdo que de fato foi utilizado no ensaio não foi a areia normal IPT, já que esta não era comercializada no mercado local da construção civil e também era inviável realizar sua compra devido o longo tempo de espera para o recebimento e o seu alto custo, já que a areia teria que ser comprada em quatro frações diferentes (grossa, média grossa, média fina e fina). Portanto, foi realizada a compra de outro tipo de areia disponível no mercado local.

A areia adquirida possuía cor escuro-avermelhada evidenciando que não se tratava de uma areia de rio, podendo ter sido obtida de cava ou barranco e assim possuir impurezas, como por exemplo, excesso de partículas finas (argila e silte) que podem causar danos à qualidade da argamassa. Por consequência, foi adotado o procedimento de lavagem da areia, onde se fez uso de uma peneira de abertura de 0,075 mm e água corrente para remoção de boa parte das impurezas, conforme apresenta a Figura 3.

Figura 3 - Lavagem da areia



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Após a lavagem o agregado miúdo foi seco em estufa a 105 °C até constância de massa. Através da Figura 4 pode-se comparar a areia antes e depois do procedimento de lavagem.

Figura 4 - Comparação da cor entre a areia lavada e a areia natural



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Com a preparação da areia concluída, foi realizada a sua caracterização tomando como base a ABNT NBR NM 248, que especifica os procedimentos necessários para se definir as características da areia utilizada. Dessa forma foi realizado o ensaio de caracterização granulométrica da areia da seguinte maneira: Primeiramente foram pesados aproximadamente 1000,00g da amostra, para que assim fosse transferida para a série normal de peneiras (4,8; 2,4; 1,6; 0,6; 0,3; 0,15; 0,075 mm), previamente limpas, onde se formou um único conjunto de peneiras, com abertura da malha em ordem crescente da base para o topo. Posteriormente o conjunto foi agitado mecanicamente durante 20 minutos no agitador mecânico a 150 RPM, conforme apresenta a Figura 5.

Figura 5 - Peneiramento da areia para caracterização



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Terminado esse procedimento foram captadas as porcentagens de areia que ficaram retidas em cada peneira, dando possibilidade assim na determinação da granulometria média da areia, bem como determinar o seu módulo de finura e diâmetro máximo.

O módulo de finura corresponde a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras série normal, dividida por 100, como está representado na Equação 1.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ acumulada}}{100} \quad (1)$$

E a partir do valor de (1), classificamos o agregado miúdo em fino, médio, grosso ou muito grosso conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação do agregado miúdo através do módulo de finura (MF)

Módulo de finura	Classificação
MF de 2,90 a 3,50	Zona utilizável superior
MF de 2,20 a 2,90	Zona ótima
MF de 1,55 a 2,20	Zona utilizável inferior

Fonte: NBR 7211 (ABNT, 2009).

A dimensão máxima do agregado corresponde à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

#### 4.3.2 Produção dos Corpos de Prova

Depois de realizadas as etapas de coleta das amostras de água, preparação e caracterização da areia, foram produzidos corpos de prova de argamassa com quatro tipos de água de amassamento diferentes, ou seja, com água proveniente de três poços freáticos e água destilada. A preparação dos corpos de prova seguiu os preceitos da ABNT NBR 7215/1996, com argamassas compostas de uma parte de cimento CII-Z-32, três de areia (frações fina, média fina, média grossa e grossa) e com relação água/cimento de 0,48. O quantitativo de materiais utilizados na produção dos corpos de prova é apresentado na Tabela 5.

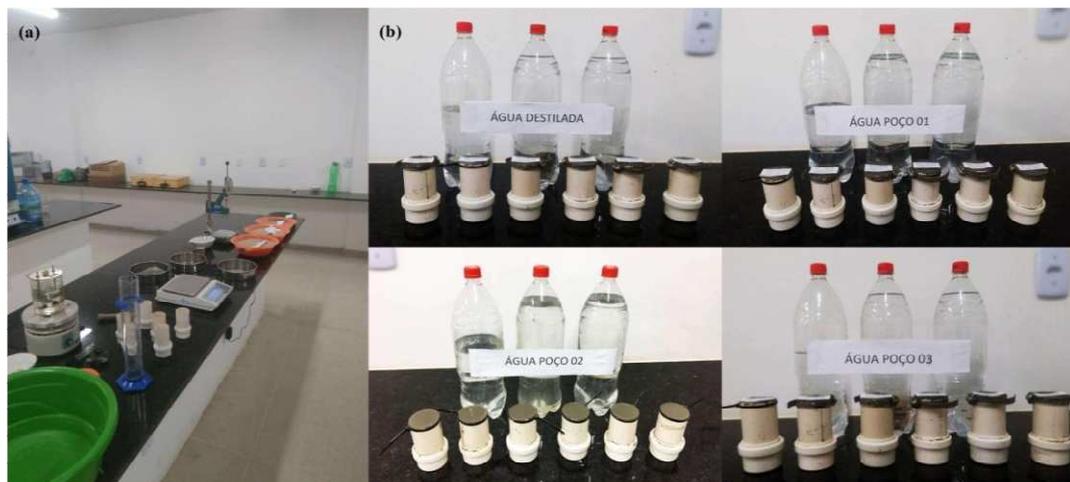
Tabela 5 - Quantitativos dos materiais para produção dos corpos de prova

<b>Material</b>	<b>Massa para mistura (g)</b>
Cimento Portland CP-II-Z-32	624 ± 0,4
Água	300 ± 0,2
Areia Normal	-
Fração Grossa	468 ± 0,3
Fração Média Grossa	468 ± 0,3
Fração Média Fina	468 ± 0,3
Fração Fina	468 ± 0,3

Fonte: NBR 7215 (ABNT, 1996).

Foram produzidos 6 corpos de prova para cada tipo de água de amassamento em moldes de dimensões 50mmx100mm, como mostra a Figura 6. Após 24 horas nos moldes, os corpos de prova foram desmoldados e colocados em cura submersa em um depósito com água saturada de cal para a cura final até as datas de rupturas com 7 e 28 dias.

Figura 6 - (a) Produção dos corpos de prova de argamassa; (b) Corpos de prova de argamassa produzidos com diferentes águas de amassamento



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

### 4.3.3 Rompimento dos Corpos de Prova

As análises da resistência à compressão das argamassas foram realizadas em triplicata no 7º e 28º dia de cura dos corpos de prova. O rompimento se deu em uma prensa CBR ISC manual com anel dinamométrico, conforme apresenta a Figura 7.

Figura 7 - Rompimento dos corpos de prova



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO

As amostras de água dos três poços freáticos foram ensaiadas de acordo com os procedimentos descritos no item 4.2. A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos na análise-físico-química para os ensaios preliminares.

Tabela 6- Resultados obtidos para os parâmetros dos ensaios preliminares e seus respectivos limites de referência

Parâmetro	Resultado			Referências
	Poço 1	Poço 2	Poço 3	
Óleo e gorduras	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Não mais que traços visíveis
Detergentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Cor	Incolor	Incolor	Incolor	Amarelo claro a incolor
Odor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora
Matéria orgânica	Incolor	Incolor	Incolor	Cor mais clara ou igual à solução padrão, após adição de NaOH
Material sólido	40,10 mg/L	48,50 mg/L	52,70 mg/L	Máximo de 50 000 mg/L
Ácidos (pH)	4,00	4,60	5,70	≥ 5

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

A Tabela 7 apresentam os resultados obtidos na análise físico-química, para os parâmetros cloretos, sulfatos e álcalis.

Tabela 7 - Limites de referência para cloretos, sulfatos e álcalis em amostras de água suspeita

Parâmetro	Resultados			Referências
	Poço 1	Poço 2	Poço 3	
				$\leq 500$ mg/L para concreto protendido ou graute
Cloretos (mg/L)	53,20	69,80	21,30	$\leq 1\ 000$ mg/L para concreto armado
				$\leq 4\ 500$ mg/L para concreto simples
Sulfatos (mg/L)	23,40	99,50	75,20	$\leq 2\ 000$ mg/L
Álcalis (mg/L)	201,70	345,00	284,10	$\leq 1\ 500$ mg/L

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Através da observação dos resultados obtidos nas Tabelas 6 e 7 é possível verificar que para todos os parâmetros físico-químicos analisados apenas o pH dos Poços 1 e 2 apresentou um valor diferente do limite de referência que é  $\text{pH} > 5$ . O resultado de pH igual a 4,0 e 4,6 revela que a água dos Poços Freáticos 1 e 2, respectivamente, possuem caráter ácido. Para Neville e Brooks (2013), uma água de amassamento ácida pode influenciar negativamente no tempo de pega de concreto e argamassas, já Romano (2004) afirma que o caráter ácido da água de amassamento além de retardar a pega pode diminuir a resistência a compressão desses produtos.

De acordo com as diretrizes propostas na ABNT NBR 15900-1/2009, caso algum desses parâmetros apresentarem resultados diferentes dos estabelecidos na norma, a água suspeita somente é considerada adequada para uso na produção de concreto e argamassa caso obedeça aos limites normativos de cloretos, sulfatos e álcalis. Além disso, os ensaios de resistência à compressão das argamassas ou concreto e tempo de pega das pastas de cimento não destoem mais que 10% e 25%, respectivamente, dos resultados obtidos para esses ensaios feitos utilizando-se água destilada.

Neste caso, o ensaio de tempo de pega exigido por norma, não foi realizado pela falta de equipamentos no Laboratório de materiais e Geotecnia do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba. Por outro lado, o ensaio de resistência à compressão foi realizado para argamassas e os resultados expostos no item 5.3 mostram que os corpos de provas produzidos utilizando-se água de poços alcançaram e até superaram satisfatoriamente a referência de 90% da resistência à compressão média dos corpos de prova preparados com água destilada.

## 5.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE ARGAMASSAS

### 5.2.1 Caracterização do Agregado Miúdo - Areia

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos através do procedimento de análise granulométrica da areia.

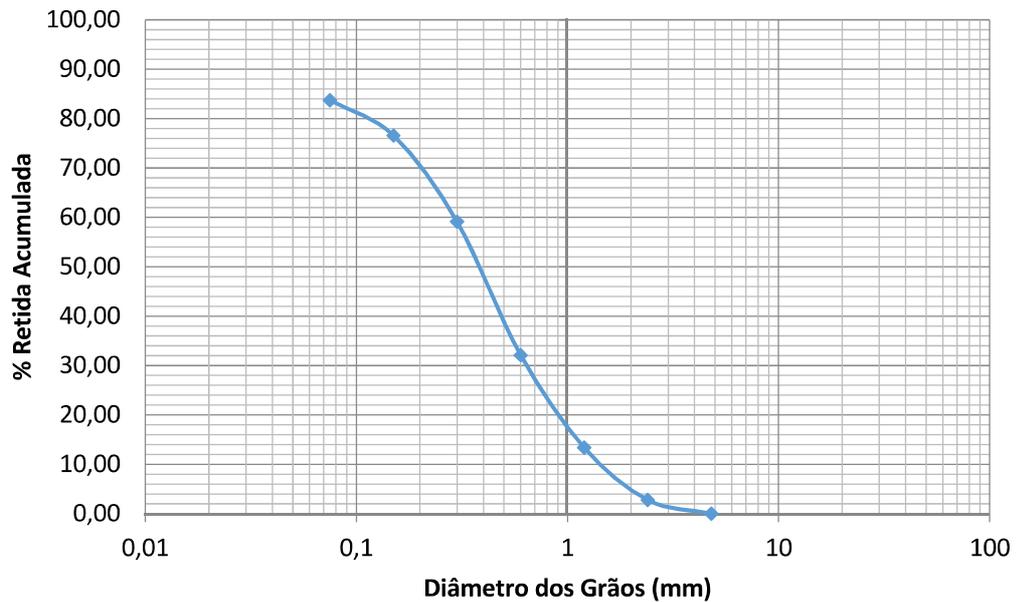
Tabela 8 - Análise granulométrica da areia

<b>Peneiras [mm]</b>	<b>Massa retida (g)</b>	<b>% Retida</b>	<b>% Retida acumulada</b>	<b>% Passante</b>
<b>4,8</b>	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>2,4</b>	27,64	2,77	2,77	97,23
<b>1,2</b>	105,79	10,61	13,38	86,62
<b>0,6</b>	186,61	18,71	32,09	67,91
<b>0,3</b>	269,57	27,03	59,12	40,88
<b>0,15</b>	174,02	17,45	76,57	23,43
<b>0,075</b>	71,20	7,14	83,71	16,29
<b>Fundo</b>	162,50	16,29	100,00	-

Fonte: Adaptado de NBR NM 248 (ABNT, 2003).

O diâmetro máximo da areia é de 2,4 mm. Já o módulo de finura para a areia ensaiada foi de 2,68, enquadrando-a na zona ótima de utilização de acordo com a Tabela 4. O Gráfico 1 apresenta a distribuição granulométrica da areia em estudo.

Gráfico 1 - Curva granulométrica da areia



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Com base na curva do Gráfico 1 e na Tabela 8, conclui-se que a areia está localizada na Zona 1 (muito fina) dos limites granulométricos de agregado miúdo da NBR 7211/1983.

### 5.2.2 Resistência à Compressão

As Tabelas 9 e 10 apresentam os resultados para o ensaio de resistência à compressão simples para os corpos de prova de argamassa produzidos com água destilada (padrão) e com a água de poço (suspeita), em função do tempo de cura.

Tabela 9 - Resistência à compressão ao 7º dia de cura

<b>Resistência à compressão simples (MPa) – 7 dias</b>				
<b>Corpo de prova</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Poço 1</b>	<b>Poço 2</b>	<b>Poço 3</b>
I	14,98	13,97	13,60	15,38
II	12,65	10,43	13,97	14,03
III	12,84	14,13	13,33	12,84
<b>Resistência média à compressão (MPa)</b>	13,49 ± 1,29	12,85 ± 2,09	13,63 ± 0,32	14,08 ± 1,27

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Tabela 10 - Resistência à compressão ao 28º dia de cura

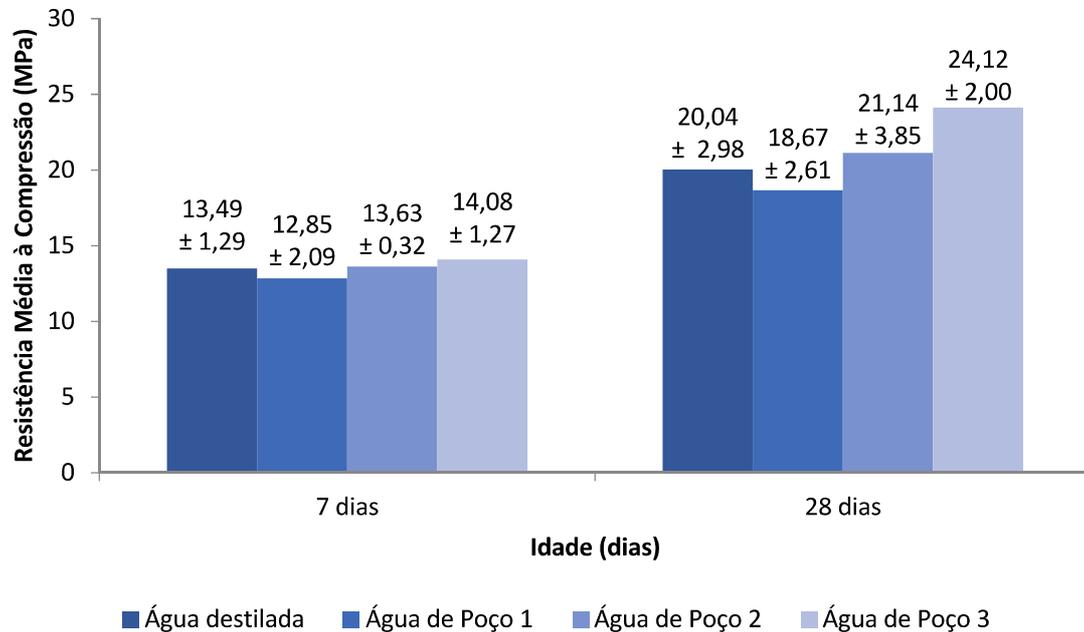
<b>Resistência à compressão simples (MPa) – 28 dias</b>				
<b>Corpo de prova</b>	<b>Água destilada</b>	<b>Poço 1</b>	<b>Poço 2</b>	<b>Poço 3</b>
I	16,67	16,72	16,80	25,90
II	21,12	21,63	24,17	24,49
III	22,34	17,64	22,44	21,96
<b>Resistência média à compressão (MPa)</b>	20,04 ± 2,98	18,67 ± 2,61	21,14 ± 3,85	24,12 ± 2,00

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

As Tabelas 9 e 10 mostram que a maior parte corpos de prova que utilizaram como água de amassamento a água de poço, ultrapassaram favoravelmente a resistência à compressão dos corpos de prova produzidos com água destilada, tanto aos 7 dias de cura quanto aos 28 dias. A resistência à compressão média para os corpos de prova produzidos com a água dos três diferentes poços superou o limite normativo de 90 % da resistência média à compressão dos corpos de prova com água destilada, chegando ainda a apresentar o maior valor de resistência para o Corpo de Prova I do Poço 3 com o resultado de 25,90 MPa aos 28 dias.

O Gráfico 2 apresenta uma análise comparativa entre os valores de resistência à compressão média para os copos de provas produzidos com água destilada e com as diferentes água de poços, nas idades de 7 e 28 dias de cura.

Gráfico 2 - Resistência média à compressão simples da argamassa (MPa)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

De acordo com o Gráfico 2, as argamassas produzidas com água proveniente dos Poços Freáticos 1, 2 e 3 da cidade de Araruna-PB, atenderam ao estabelecido pela norma, que é obter, no mínimo, 90% da resistência média à compressão das argamassas produzidas com água destilada. Ainda é possível verificar que as argamassas dos Poços 2 e 3, para as idades de 7 e 28 dias, obtiveram um leve aumento na resistência à compressão quando comparado com a resistência da argamassa produzida com água destilada.

Segundo Romano (2004), uma possível justificativa para esse ganho de resistência à compressão do concreto e da argamassa ao se utilizar a água de poço em seus processos produtivos, está na presença de substâncias em suspensão como silte e argila presentes em pequenas quantidades nas águas subterrâneas, que podem contribuir diretamente no aumento da compacidade da argamassa, contribuindo assim para o aumento de sua resistência à compressão.

## 6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente trabalho possibilitou a análise da viabilidade de utilização da água de três poços freáticos da cidade de ARARUNA-PB para produção de concreto e argamassa. A realização da análise físico-química para a água em estudo, assim

como o ensaio de resistência à compressão das argamassas, promoveu a obtenção de dados mais consistentes sobre os parâmetros exigidos nas referências normativas para a utilização desse tipo de água como água de amassamento.

Frente os resultados obtidos, o objetivo proposto nesta pesquisa foi atendido com êxito, no momento em que se utilizando dos procedimentos descritos na ABNT NBR 15900/2009, concluiu-se que a água subterrânea proveniente dos poços freáticos analisados, é adequada ao uso como água de amassamento na produção de concreto e argamassa.

Por fim, de modo a garantir um maior controle da qualidade das águas subterrâneas, deve ser feito um monitoramento mensal da água do poço durante seu uso. Além disso, espera-se que os resultados obtidos estimulem a continuidade desta linha de pesquisa, sendo possível obter dados para um maior número de poços da cidade e/ou analisarem a viabilidade de utilização de água de amassamento proveniente de outros tipos de fontes, tais como: Água natural de superfície, água de captação pluvial, água residual industrial, água de esgoto tratado, água de reuso proveniente de estação de tratamento d esgoto e água recuperada de processos de preparação do concreto.

## ANALYSIS OF THE CONDITION OF WATER OF WELLS OF THE CITY OF ARARUNA-PB, USED AS WATER OF KNEADING IN THE PRODUCTION OF CONCRETE AND MORTAR

### ABSTRACT

The quality of the concrete and the mortar is directly on to the quality of its component materials, amongst them the water. The water destined to the production of these materials does not have to contain substances that can come to harm the reactions of hidratação of the cement, a time that this makes possible the sprouting of patologias that affect directly in the usefulness, durability and security of the structures. For this reason, the work had as objective accomplishes the analysis of the condition of the water of wells of the city of Araruna-PB, in order to verify, in accordance with the specifications of ABNT NBR 15900/2009, if the wells water is appropriate or not for the production of concrete and mortar. The study fell back upon the field procedures, laboratoriais and bibliographical, through the collection, analysis and interpretation of data on samples of water of amassamento of three wells of the city of Araruna-PB, as methodology. The physico-chemical analysis of the three water wells was carried out, following the normative procedures prescribed in ABNT NBR 15900/2009, responsible for specifying the parameters necessary for water to be considered adequate for the preparation of concrete and mortar. Moreover, bodies of mortar test had been produced with 1:3 trace (cement: sand) and relation a/c 0,48, in accordance with ABNT NBR 7215/1996. With the intention to compare the results for the assay of compressive strength, the test bodies had been produced using water standard (distilled) and water suspicion of three freáticos wells of the city. The assays physicist-chemistries of waters of the three analyzed freáticos wells had shown that all the examined parameters were with values inside of the limits demanded for norm, with exception of pH of wells 1 and 2, that they had presented values of 4,0 and 4,6, respectively, when the acceptable value for the norm is of  $\text{pH} \geq 5$ . For the resistance rehearsal to the compression, the mortars produced with water originating from wells freáticos of the city of Araruna-PB, they assisted to the established for the norm, that is to obtain, at least, 90% of the medium resistance to the compression of the mortars produced with distilled water. Therefore, the obtained results allowed the complete verification of the viability of use of the water of three wells freáticos of the city of Araruna-PB in the concrete production and mortar. Once, the physiochemical analysis and the bodies of mortar proof produced with well water assisted to the specified by ABNT NBR 15900/2009.

**Keywords:** Physicochemical analysis. Resistance to the compression. ABNT NBR 15900:2009. Durability of the concrete. Durability of the mortar.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. **Concreto**. Notas de aula – Departamento de estruturas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, ago./2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900: **Água para amassamento do concreto**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR 15900: Concreto - **Água para amassamento do concreto parte 1: requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. NBR 15900: Concreto - **Água para amassamento do concreto parte 2: Coleta de amostras de ensaios**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7214: **Areia normal para ensaio de cimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

BORJA, R. T. F. **Análise da viabilidade de produção de concreto com água de poço em região de escassez hídrica no curimataú oriental paraibano**. 2017. 22 f. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, 2017.

CIMENTO.ORG. **Efeito da qualidade da água no concreto**. 2010. Disponível em: <<http://cimento.org/efeito-da-qualidade-da-agua-no-concreto/>>. Acesso em: 25 de abril de 2017.

COSTA, H.N. **Caracterização de areias de britagem de pedreiras da região metropolitana de Fortaleza e avaliação da sua aplicação no concreto**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. Fortaleza, 2015.

FIGUEIREDO, A., et al. **Considerações sobre a água como agente causador das manifestações patológicas em estruturas de concreto**. In: Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural, v. 1, n. 1, Recife. Resumos... Recife: Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2016. p. 13.

HELENE, Roberto do Lago. **Vida útil das estruturas de concreto**. In: International Conference on High-Performance Concrete and Performance AND Quality of Concrete Structures, Gramado, 1999.

LAPA, S. J. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. 2008. 56 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LIMA, A. B. **Análise das condições da água de amassamento utilizada no concreto produzido em obras da UFERSA, de acordo com as especificações da ABNT NBR 15900:2009**. 2014. 64 f. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil – Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.

MARGALHA, M. G. **Argamassas**. 2011. 32 f. Documento de apoio às aulas de conservação e recuperação do patrimônio - Universidade de Évora, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10174/4969>>.

MELO, A. C. A. **Estudo das manifestações patológicas nas marquises de concreto armado do Recife**. 2011. 215f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco. Recife-PE, 2011.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre, 2013.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Revista IBRACON, São Paulo; n. 53, p. 14-19, jan./ fev./ mar. 2009.

ROMANO, C.. **Apostila de tecnologia do concreto**. Paraná, 2004.102 p.

SANTOS, C. F. **Patologias de estruturas de concreto armado**. 2014. 91 f. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SOUZA, Vicente; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1. Ed. São Paulo: Pini, 1998. 257p.