

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DE POÇOS FREÁTICOS, DE CIDADE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, UTILIZADAS COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO NA PRODUÇÃO LOCAL DE CONCRETO E ARGAMASSA

Jonatã Gomes de Souza (1); Renilson Pinto Alves (2); Daniel Costa da Silva (3);
Daniel Baracuy da Cunha Campos (4)

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

(1) jonatagomes83@gmail.com (2) renilsonpinto@hotmail.com (3) daniel.costa.silva@hotmail.com
(4) danielbaracuy@yahoo.com.br

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. Foi realizada a análise físico-química das águas de 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.

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

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

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

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 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.

2.1 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.

2.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE AMASSAMENTO

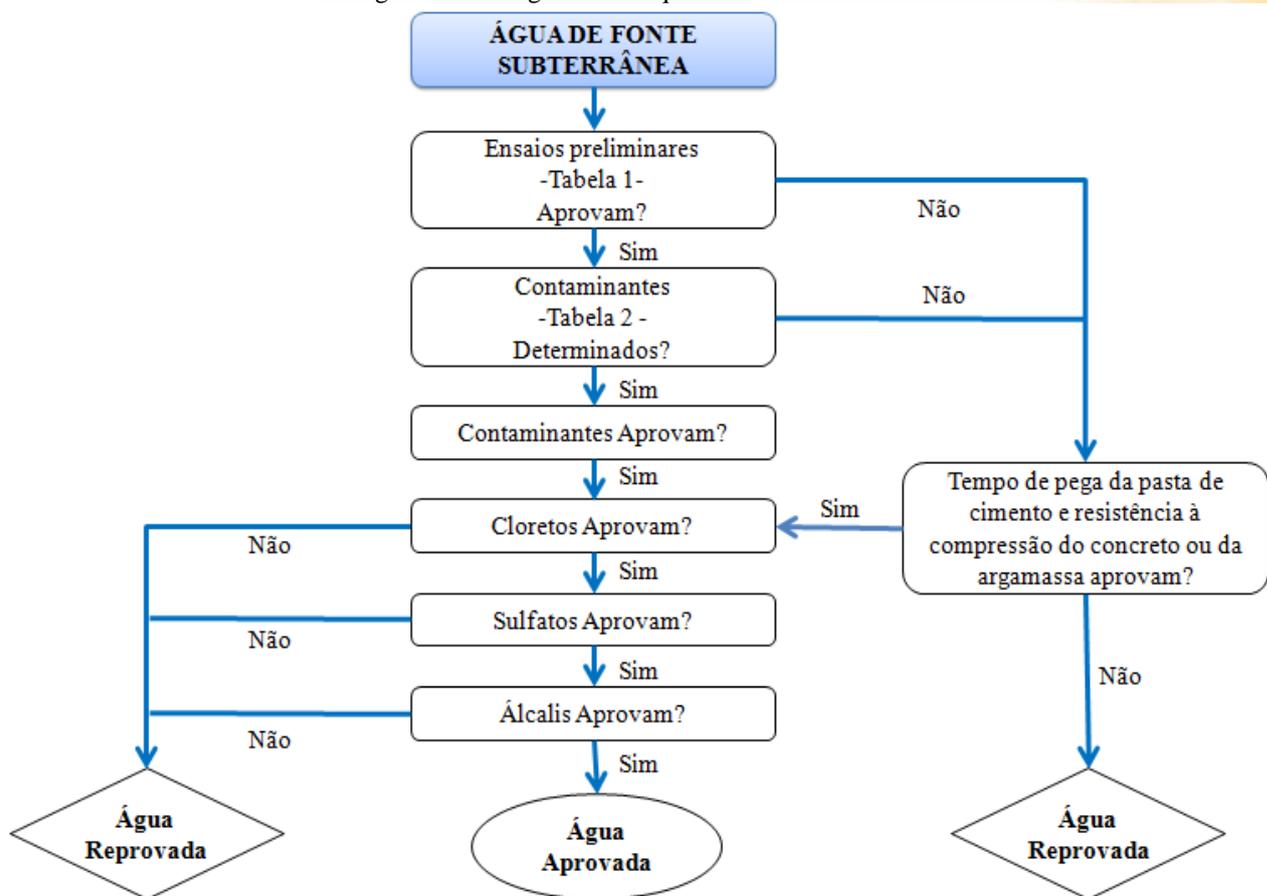
A análise físico-química das amostras de água de suspeita, coletadas de acordo com 2.1, foi realizada na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O fluxograma da Figura 2 apresenta a sequência de ensaios que fornecem os subsídios necessários para a aceitação ou recusa de uma amostra de água para produção de concreto e argamassa.

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

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)	≥ 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

Parâmetros	Referências
	≤ 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.

2.3 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.

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.

2.3.1 Produção dos Corpos de Prova

Depois de realizadas a coleta das amostras de água, foi feita a preparação e caracterização da areia de acordo com as especificações das normas ABNT NBR 7214 e ABNT NBR NM 248, respectivamente. Posteriormente, 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 CPII-Z-32, três de areia (frações fina, média fina, média grossa e grossa) e com relação

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

água/cimento de 0,48. O quantitativo de materiais utilizados na produção dos corpos de prova é apresentado na Tabela 4.

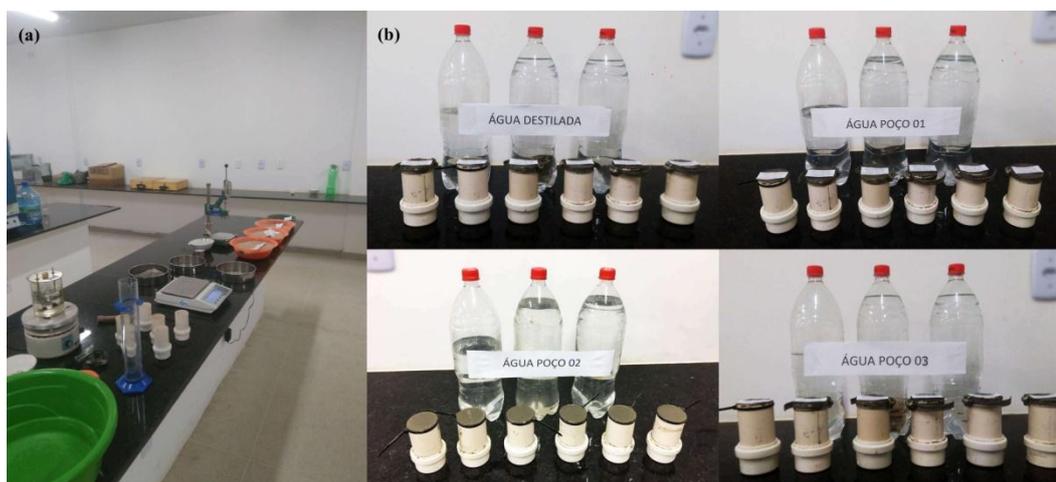
Tabela 4 - Quantitativos dos materiais para produção dos corpos de prova

Material	Massa para mistura (g)
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 3. 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 3 - (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.

2.3.2 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 4.

Figura 4 - Rompimento dos corpos de prova



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 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 2.2. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos na análise físico-química para os ensaios preliminares.

Tabela 5- 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 6 apresentam os resultados obtidos na análise físico-química, para os parâmetros cloretos, sulfatos e álcalis.

Tabela 6 - Limites de referência para cloretos, sulfatos e álcalis em amostras de água suspeita

Parâmetro	Resultados			Referências
	Poço 1	Poço 2	Poço 3	
				≤ 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 5 e 6 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.

3.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES DE ARGAMASSAS

As Tabelas 7 e 8 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 7 - Resistência à compressão ao 7º dia de cura

Resistência à compressão simples (MPa) – 7 dias				
Corpo de prova	Água destilada	Poço 1	Poço 2	Poço 3
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
Resistência média à compressão (MPa)	13,49 ± 1,29	12,85 ± 2,09	13,63 ± 0,32	14,08 ± 1,27

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Tabela 8 - Resistência à compressão ao 28º dia de cura

Resistência à compressão simples (MPa) – 28 dias				
Corpo de prova	Água destilada	Poço 1	Poço 2	Poço 3
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
Resistência média à compressão (MPa)	20,04 ± 2,98	18,67 ± 2,61	21,14 ± 3,85	24,12 ± 2,00

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

As Tabelas 7 e 8 mostram que a maior parte dos 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

(83) 3322.3222

contato@conadis.com.br

www.conadis.com.br

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.

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.

4 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 de esgoto e água recuperada de processos de preparação do concreto.

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.

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.

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

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