INVESTIGAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA PRODUZIDOS COM ÁGUA CINZA

Tema: Sustentabilidade, vida útil e meio ambiente.
Grupo: 2

ANA K. F. MERVILLE[1], LUIS F. CÂNDIDO[2]; ALAN M.L B. ALEXANDRE[3]; LUISA G. A. T. FARIAS[4]; JANAINA L. LEITINHO[5]

[1]Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará/UFC-Crateús, kelly-merville@outlook.com
[2]Prof° Me, Universidade Federal do Ceará/UFC-Crateús, luisfcandido2015@gmail.com
[3]Prof° Dr, Universidade Federal do Ceará/UFC-Crateús, alanmichell@crateus.ufc.br
[4]Profª Drª, Universidade Federal do Ceará/UFC-Crateús, luisa@crateus.ufc.br
[5] Profª Drª, Universidade Federal do Ceará/UFC-Crateús, janaina@crateus.ufc.br

RESUMO
A busca de fontes alternativas de água tornou-se uma conduta imperativa no sentido de promover a sustentabilidade, principalmente em regiões semiáridas, onde a água é escassa. Assim, este estudo analisou os possíveis contaminantes presentes em argamassas compostas de água de poço (AP), água cinza (AC) e água potável (AR). Para tal, foram realizadas análises microbiológicas a partir da inoculação em *PLATE COUNT AGAR* e *m-ENDO AGAR LES*, incubadas a 30°C. Observou-se colônias bacterianas em todas as amostras, indicando que a contaminação não é específica da AC, e a inexistência de coliformes. Sugerindo a viabilidade do reuso de água cinza para a produção de argamassas.
Palavras-chave: Argamassa, água cinza, semiárido, análise microbiológica.

MICROBIOLOGICAL INVESTIGATION ON MORTARS PRODUCED WITH GREY WATER

ABSTRACT
Reuse of grey water is an important alternative to promote sustainability, principally in semiarid regions, where water is scarcely. Thus, this study evaluated the possible contaminations of mortar produced with well water (AP), grey (AC) and potable (AR). To do so, microbiological analysis was carried out. The samples were inoculated in AGAR and AGAR LES m-ENDO and incubated at 30 ° C. The results showed bacterial colonies in all samples, indicating that the contamination is not specific to GW. Further, no coliforms were observed. The results suggest that reuse of grey water to mortar production to be an attractive solution.

Key-words: Mortar, grey water, semiarid, microbiological analysis.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil possui grande impacto no meio ambiente[1], tanto em termos de geração de resíduos, como de consumo de matérias-primas [2], o que tem despertado o interesse da opinião pública para a questão sustentável [3] e provocado a busca por alternativas para compensar ou reduzir o impacto das ações do homem, principalmente no que concerne na relação com meio ambiente, um dos pilares do tripé da sustentabilidade [4].

Neste contexto, estudos têm buscado "[...] mitigar a produção de resíduos, o consumo de energia e água, a emissão de gases e partículas poluentes, a poluição do solo e dos recursos hídricos, entre outros" [5].

Dentre os recursos naturais mais demandados, a água potável é crucial para a sobrevivência do ser humano e, nas regiões semiáridas, onde a escassez configura-se de forma contínua [6], há um despertar para uma inquietação relacionada à sua disponibilidade, mesmo em países com dimensões continentais como o Brasil, que apresentam reservas abundantes [7]. Este fato tem intensificado o envolvimento de pesquisadores para o desenvolvimento de fontes alternativas relacionadas ao reuso de água cinza [8].

A água cinza provém de lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar e pias, podendo chegar a 80% da água residual produzida em uma edificação [8]. Rica em sabões, sólidos suspensos e matéria orgânica, a água cinza pode conter também bactérias [9].

Este trabalho teve como objetivo analisar argamassas de revestimento produzidas com água cinza, de poço e potável, como forma de contribuir para a sustentabilidade. Assim, investiga-se a qualidade das águas e a possível presença de contaminantes nas argamassas em virtude do seu uso. Cabe destacar que a água cinza usada não passou por nenhum tipo de tratamento prévio, justificando-se, assim, o estudo microbiológico dos corpos de provas como meio de investigar e controlar possíveis contaminantes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

O cimento utilizado para produção das argamassas foi do tipo Portland CP II E - 32 com massa específica de 3,10g/cm³ e massa unitária de 1,2 g/cm³ a 20°C, atendendo as especificações da norma ABNT NBR 16697 [10], segundo a caracterização fornecida pelo fabricante. Como agregado miúdo, utilizou-se a areia normal brasileira, conforme a ABNT NBR 7214[11]. Três tipos de água foram utilizados no preparo da argamassa e dos corpos de prova, água fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) - padrão utilizado pelo setor da construção civil no estado do Ceará, água salobra oriunda de poços semi-artesianos - padrão utilizado pelo setor da construção civil da região de Crateús, cidade do semiárido nordestino e água cinza, coletada de residências, de chuveiros e pias de cozinha.

2.2. Dosagem e produção das argamassas

Para a dosagem foram produzidos três tipos de argamassa, tendo como variante, o tipo de água (AR, AP e AC). O traço em massa utilizado foi 1:3 com relação água/cimento de 0,48. Cabe ressaltar que se manteve o mesmo traço durante a dosagem. A argamassa de revestimento foi produzida de acordo com a ABNT NBR 13281[12], preparada por meio de um misturador mecânico e compactada manualmente em molde, conforme disposto na ABNT NBR 7215 [13]. A cura inicial dos corpos de prova foi realizada por um dia, em atmosfera úmida e desmoldados e submetidos à cura com água fornecida pela CAGECE por um período de 28 dias. Cabe registrar, que o misturador foi lavado a cada produção, para evitar contaminação das misturas.

2.3. Análise físico-química da água

Para as amostras de água utilizadas, foram realizadas análises, usando o método de cromatografia de íons, para detectar a presença de óleos e gorduras, detergentes, cloretos, sulfatos e álcalis. Utilizando o método supracitado, as amostras de água de imersão foram, também, analisadas quanto a presença de cloretos e dureza total. Em ambos os casos, a acidez foi analisada por meio do pHmetro. Todas as análises foram realizadas conforme a ABNT NBR 15900-1 [14].

Para estudo do DQO as amostras foram digeridas de acordo com o seguinte procedimento: adicionou-se 2,5 mL da amostra de água a um tubo de ensaio com tampa no qual adicionou-se 1,5 mL da solução digestora (solução ácida de $K_2Cr_2O_7$ e $HgSO_4$) e 3,5 mL da solução catalítica (0,03 mol/L de Ag_2SO_4). Após 24 horas a leitura da amostra foi realizada por espectrofotômetro DR6000TM UV VIS da Hanna a 600 nm.

2.4. Ensaios microbiológicos

As análises microbiológicas foram realizadas em duas fases. Inoculação feita com a água de imersão dos corpos de prova após 48 horas e análise microscópica das bactérias que se desenvolveram, a fim de identificar os tipos de bactérias presentes em cada amostra e a semelhança microbiológica entre elas. As análises microbiológicas dos corpos de prova foram realizadas após o período de estocagem de três meses em ambiente estéril. Para cada tipo de argamassa (AC, AR e AP), foram selecionados três de corpos de prova. Desta amostragem, um corpo de prova de cada amostra de água foi imergido, separadamente, por um período de 48 horas, em 500 mL de água destilada e esterilizada em autoclave, objetivando transferir para a água os possíveis microrganismos presentes na argamassa.

Para o crescimento das colônias, dois meios de cultura foram preparados: *PLATE COUNT AGAR*, - *AGAR* de uso geral composto por triptona, glicose, extrato de levedura e ágar e *m-ENDO AGAR LES* - *AGAR* específico para coliformes composto em sua maioria por triptose, triptona especial, extrato de levedura, lactose e ágar. Os dois meios de cultura foram acondicionados em placa de petri, em ambiente estéril e em fluxo laminar. Para o fluxo

laminar, foram retiradas amostras de 30 mL de cada recipiente após 48 horas de imersão. Para cada amostra de água colhida do processo de imersão, foram utilizadas três placas de petri e cada uma foi inoculada com 10 mL de água. Para cada tipo de AGAR foi utilizada uma placa de controle, possibilitando observar a existência de contaminação bacteriana no caldo de cultura. Posteriormente, as placas foram vedadas e colocadas em uma estufa a 30°C durante 48 horas. Decorridas as 48 horas, a busca visual de bactérias nas placas foi, minuciosamente, realizada e, a confirmação do perfil destas foi realizada em microscópio. Além disso, a água de imersão foi analisada com relação a dureza, cloretos e pH.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise da água utilizada na argamassa

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise físico-químicas das diferentes amostras de água usada no preparo da argamassa.

Tabela 1 – Caracterização das águas de referência, de poço e cinza

Parâmetro	Referência normativa	Limites normativos	Resultados		
			AR	AP	AC
Óleos e gorduras	ABNT NBR 15900-3 (15)	Não mais do que traços visíveis	Ausente	Ausente	Ausente
Detergentes	ABNT NBR 15900-3 (15)	Qualquer espuma deve desaparecer em 2min.	Ausente	Ausente	Ausente
Material sólido	ABNT NBR 15900-3 (15)	< 50000 mg/L	892	3802	1516
pH	ABNT NBR 15900-3 (15)	entre 6 e 9	5,41	5,85	5,28
Cloretos	ABNT NBR 15900-6 (16)	CP[1] (< 500 mg/ L); CA[2] (< 1000 mg/L); CS[3] (< 4500 mg/L)	101,93	1523,71	132,33
Sulfatos	ABNT NBR 15900-7 (17)	< 2000 mg/L	15,24	5,18	26,50
Álcalis	ABNT NBR 15900-9 (18)	< 1500 mg/L	320	863	565

Legenda: [1] Concreto Protendido; [2] Concreto Armado; [3] Concreto Simples.

Observa-se que os valores obtidos para óleos e gorduras, detergentes, material sólido, sulfatos e álcalis de todas as amostras de água utilizadas na produção da argamassa estão dentro dos padrões estabelecidos pela norma ABNT NBR 15900, exceto para a amostra de AP, onde os valores obtidos para cloretos, indicam a inviabilidade da sua utilização em concreto protendido e armado. Os valores de Demanda Química de Oxigênio (DQO) para a AC e AP

foram superiores a 450 mg/L, indicando um alto nível da contaminação microbiana das águas. É importante citar que este padrão não é descrito na norma NBR 15900[11], porém o controle deste índice está diretamente ligado a segurança da saúde do operário durante o preparo da argamassa, bem como a sua utilização para fins diversos.

A água de imersão dos corpos de provas, utilizada para realizar a inoculação das amostras, foi analisada quanto ao seu pH, dureza e cloretos, com o intuito de estudar a interferência destes padrões no resultado das análises microbiológicas. A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para as análises de dureza, cloreto e pH.

Tabela 2 – Análise química da água de imersão.

Amostras	Temperatura(°C)	pH	Dureza (mg/L)	Cloretos (mg/L)
AR	23,4	13,40	41	7,3
AC	23,7	11,66	0	35,5
AP	24,1	13,88	297	44,0

O padrão alcalino das amostras das águas de imersão (pH > 7) indica, provavelmente, a solubilidade de compostos álcalis provenientes dos componentes da argamassa. No entanto, este aumento do pH não relaciona-se somente ao tipo de água utilizada na produção, uma vez que há uma pequena variância no perfil alcalino (média= 12,98), além do fato de que os valores de pH das amostras antes da adição à mistura cimentícia estavam em torno de 5,0, ou seja, fora dos padrões permitidos pela ABNT NBR 15900 (faixa de pH entre 6 e 9).

Vale ressaltar que para a água de imersão AC, o valor de pH de 11,66 sinaliza, possivelmente, alterações nas reações de cura, em decorrência da presença de compostos orgânicos proveniente dos resíduos domiciliares. Este fato pode ter melhorado a fixação de álcalis na estrutura da argamassa diminuindo a sua liberação para o meio aquoso durante a imersão.

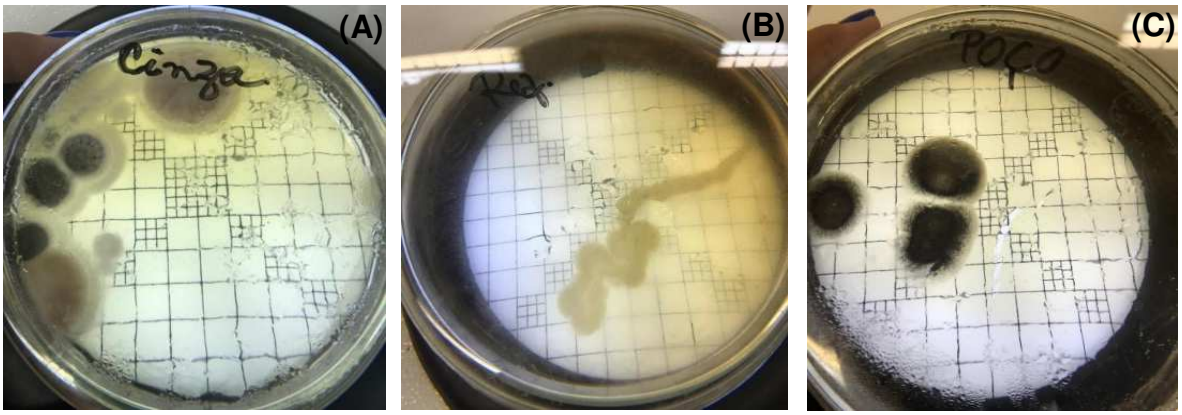
Os valores de cloretos para as amostras de AC e AP foram superiores aos valores de AR indicando uma correlação com os valores encontrados antes da mistura. A verificação dos valores de cloretos é fundamental, uma vez que estes compostos estão relacionados à corrosão das estruturas metálicas, ou seja, quanto maior a concentração de cloretos na água utilizada no preparo da argamassa, maior a cinética reacional da corrosão dos materiais metálicos, configurando-se em um inconveniente para o uso em amassamento de concreto.

A Tabela 2 mostra que o maior teor de cloretos observado foi para a amostra de AP com 44,02 mg/L. A amostra de argamassa preparada com AP apresentou o maior valor dureza total, cerca de 297 mg/L. Esse resultado é um contrassenso ao esperado, uma vez que águas cinzas apresentam um valor moderado de dureza. Este comportamento indica a possibilidade dos cristais de cálcio e magnésio terem se fixado na matriz da argamassa.

3.2. Análise Microbiológica

Decorridas as 48 horas de incubação na estufa bacteriológica, as placas de petri foram analisadas quanto ao crescimento de colônias bacterianas, confirmando, para todas as amostras, a contaminação nas três placas, conforme apresentado na Figura 1.

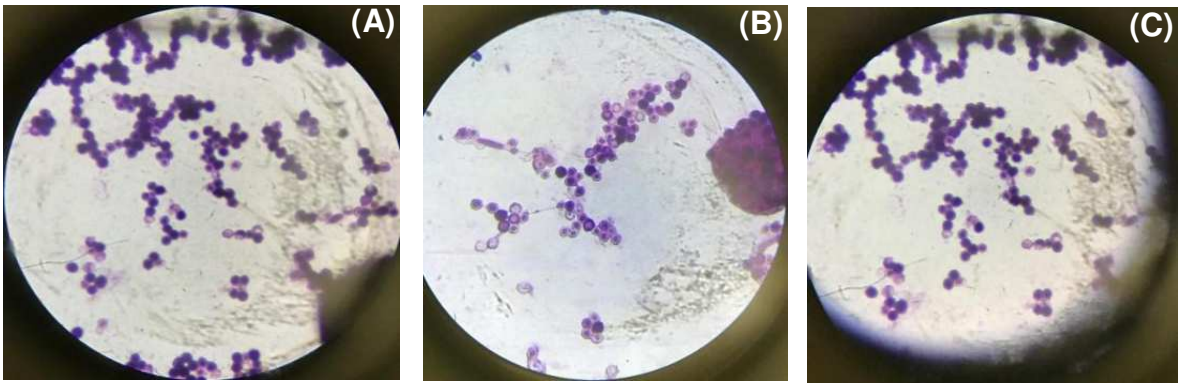
Figura 1 – Placas de petri com caldo de PLATE COUNT AGAR contendo A) Água Cinza (AC); B) Água de Referência (AR) e C) Água de Poço (AP)



Fonte: Os autores.

Na análise microscópica verificou-se que ambas as colônias de bactérias podem ser classificadas como *cocos gram-positivas*, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Análise microscópica das colônias bacterianas em PLATE COUNT AGAR contendo: A) Água Cinza (AC); B) Água de Refêrencia (AR) e c) Água de Poço (AP)



Fonte: Os autores.

A inoculação em *m-ENDO AGAR LES* - AGAR específico para coliformes - não revelou crescimento bacteriano em nenhuma das placas, verificando-se, assim, a inexistência de

coliformes. Desta forma, observa-se que a contaminação por bactéria não é exclusiva da argamassa composta por AC e que as bactérias presentes nos corpos de provas podem não ter uma relação com a água e sim com o tempo e/ou local em que ficaram expostas ou, até mesmo, provenientes de qualquer outro material usado na confecção da argamassa.

A partir da análise microscópica das colônias bacterianas, foi possível concluir que apesar do caldo de cultura fornecer alimento para microorganismos em geral, não houve crescimento fúngico, apenas bacteriano, o que pode ser constatado através da Figura 2, que mostra apenas bactérias cocos gram positivas. Cabe ressaltar ainda, que o estudo microbiológico das argamassas produzidas com AC e AP está em fase de repetições, intentando verificar a presença de outros microorganismos patogênicos. Ademais, outras *blends* de argamassas preparadas com 25 e 50% de água fornecida pela concessionária e 75 e 50% de águas de poço e cinza, respectivamente, estão sendo estudadas, na tentativa de equilibrar o pH inicial das águas usadas.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo analisar argamassas de revestimento produzidas com água cinza, de poço e potável, como forma de contribuir para a sustentabilidade. Assim, investiga-se a qualidade das águas e a possível presença de contaminantes nas argamassas em virtude do seu uso.

As análises físico-químicas realizadas na mistura da argamassa apresentaram valores permitidos por normas, com exceção do parâmetro do teor de cloretos que, para água de poço, foi de 1523,71 mg/L. A água cinza obteve valor apropriado para uso inclusive em concreto protendido. A água de imersão usada para análise microbiológica apresentou pH entre 11 e 13,5 indicando dissolução de álcalis nas amostras. O elevado valor de cloretos para a água de poço (44,0 mg/L) indica que os poços semi-artesianos da região apresentam uma elevada concentração deste composto.

O estudo em *AGAR* de uso geral apresentou colônias bacterianas em todas as amostras, indicando que a contaminação não é específica da AC, enquanto que a análise em *m-ENDO AGAR LES* apresentou resultados negativos para coliformes. Assim, pode-se concluir que a ausência de coliformes mostra que há possibilidade de reutilizar a água cinza para produção de argamassa de revestimento.

Entretanto, é preciso considerar que, dependendo da fonte de descarte, água cinza pode, sim, apresentar coliformes. A presença de coliformes só será prejudicial se detectada em níveis elevados. Deve-se destacar, ainda, as bactérias encontradas nas amostras de argamassas são sensíveis a raios-ultravioleta, e com exposição contínua e baixa umidade, acarretará na degradação destes microrganismos, levando, possivelmente, a níveis permitidos e normais.

ISSN 1984-8757

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOPYAN, V.; JOHN, M. V. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Edgard Blucher, 2011.

2. PASSUELLO, A. C. B. et al. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 7-20, out./dez. 2014.

3. CALIXTO, L. O ensino da contabilidade ambiental nas universidades brasileiras: um estudo exploratório. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 2, n. 3, p. 65–78, 2006.

4. ELKINGTON, J. **Cannibals with forks:** triple bottom line of 21st century business. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1999.

5. ALMEIDA, E. L. G. de; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, jan./mar., p. 91–109, 2018.

6. HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Virtual water trade: a quantification of virtual waters flows between nations in relation to international crop trade. **Value of Water Research Report** Series No.11. Delft: IHE, 2002.

7. PEIXOTO FILHO, A. C.; BONDAROVSKY, S. H., Água, bem econômico e de domínio público. **Revista CEJ**, Brasília, v. 12, n. 3, p. 13–16, 2000.

8. LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 11, p. 3439–3449, 2009.

9. BLANKY, M. *et al*. Legionella pneumophila: From potable water to treated greywater; quantification and removal during treatment. **Science of the Total Environment**, v. 533, p. 557–565, 2015.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

11. _____. **ABNT NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

12. _____. **ABNT NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

13. _____. **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

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

15. _____. **ABNT NBR 15900:** Água para amassamento do concreto – Parte 3: Avaliação preliminar. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

16. _____. **ABNT NBR 15900:** Água para amassamento do concreto – Parte 6: Análise química - Determinação de cloreto solúvel em água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

17. _____. **ABNT NBR 15900:** Água para amassamento do concreto Parte 7: Análise química - Determinação de sulfato solúvel em água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

18. _____. **ABNT NBR 15900:** Parte 9: Análise química - Determinação de álcalis solúveis em água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.