UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA COMO MATÉRIA PRIMA PARA FABRICAÇÃO DE MEDICAMENTOS

Use of rainwater as raw material for the manufacture of medicines

SANTOS, Pedro Araujo dos.
Centro Universitário Max Planck

REBELO, Márcia de Araújo.
Centro Universitário Max Planck

FÁBREGA, Francine de Mendonça.
Anhanguera Educacional

Resumo: Nesse artigo foi abordada a escassez de água potável, e a importância dessa para as Indústrias Farmacêuticas. Buscou-se demonstrar a viabilidade em termos de qualidade na utilização da água de chuva, como alternativa em sistemas de água para produção de medicamentos. Foi realizada uma comparação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Dos 10 parâmetros avaliados, a água de chuva se mostrou igual ou superior a água potável para 7 parâmetros, sendo eles Nitrato, STD, Dureza, Condutividade, Ferro, Alumínio e Coliformes T., F. e E. coli. No entanto para os parâmetros de TOC, pH e Contagem de Bactérias Heterotróficas, a água de chuva demonstrou que pode obter o mesmo padrão da água potável, desde-que seja submetida a pré-tratamento. Verificou-se que o ambiente atmosférico da região e a área de coleta podem influenciar na qualidade da água. Concluiu-se que, se a água de chuva for submetida ao mesmo tipo de controle e tratamento da água potável, essa pode ser considerada viável para utilização em sistemas de água purificada.

Palavras-chave: Água de Chuva; Água Purificada; Industria Farmacêutica.

Abstract: This article addressed the scarcity of water and its importance for the pharmaceutical industry. We sought to demonstrate the feasibility in terms of quality for the use of rainwater, as an alternative in water systems for the production of medicines. A comparison of physical-chemical and microbiological parameters was performed. Of the 10 parameters taken, rainwater is equal to or greater than drinking water for 7 parameters, namely Nitrate, STD, Hardness, Conductivity, Iron, Aluminum and Coliforms T., F. and E. coli. However, for the parameters of TOC, pH and Heterotrophic Bacteria Count, rainwater, which can obtain the same standard of drinking water, provided it is subjected to pre-treatment. It was found that the atmospheric environment of the region and the collection area can result in water quality. It was concluded that, if rainwater is subjected to the same type of control and treatment as drinking water, it can be considered viable for use in purified water systems.

Key-words: Rainwater; Purified water; Pharmaceutical industry.

Nota: O resumo desse projeto de iniciação científica foi apresentado na 12ª sessão do 20º Congresso de Iniciação Científica – CONIC, realizado entre 08 e 11 de dezembro de 2020.

INTRODUÇÃO

A água é um bem imprescindível para os seres vivos, seus atributos estão diretamente relacionados à saúde daqueles que a consomem (FOLLMER *et al*., 2019).

Um dos grandes desafios da humanidade será conviver com a escassez da água, decorrente ora do uso excessivo, ora da baixa qualidade dos recursos hídricos (OLIVEIRA; SILVA; MELLO, 2020). O crescimento populacional, a urbanização e a seca estão gerando grande dificuldade no abastecimento de água potável no mundo (NAPPIER; SOLLER; EFTIM, 2018).

SILVA (2017) discorre que a água portável pode sofrer dois tipos de escassez, a quantitativa, que constitui fator limitante ao desenvolvimento de uma região, e a qualitativa que gera problemas sérios à saúde pública e ao ambiente.

Com o passar dos anos a pressão sobre os recursos hídricos se tornou um dos principais temas de discussão. A preocupação com a água não se dá apenas com quantidade, mas principalmente, com a qualidade (MOURA *et al*., 2018).

SARAIVA e colaboradores (2020), dilucida sobre a qualidade da água para consumo humano. Essa deve ser livre de microrganismos patogênicos, metais pesados, sabor e odor. Para tanto, é necessário o uso de um sistema de tratamento que garanta as características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas.

Entender sobre a escassez da água é fundamental, tendo em vista que além do consumo humano, a água também é importante para uma série de operações industriais. Conforme MALGUEIRA e colaboradores (2018), a água é um recurso de grande relevância para a indústria, sendo uma das principais matérias-primas utilizadas.

No caso das Indústrias farmacêuticas, a água tem grande impacto. FREITAS (2018), explica que a água é um componente indispensável no de medicamentos, já que suas propriedades diferem muito de quaisquer outras substâncias. OLIVEIRA e PELEGRINI (2011) ratificam que a água é substancial para a indústria farmacêutica, pois é um dos principais insumos na composição de um medicamento.

Segundo SILVA (2017) a agua é utilizada como veículo em formulações e limpeza de superfícies, exigindo para tanto, uma série de especificações. O autor explica ainda, que para se obter água na qualidade desejada, é importante considerar a qualidade da água bruta disponível, ou seja, da água potável.

O ponto de partida para qualquer processo de purificação de água para fins farmacêuticos é a água potável. As indústrias farmacêuticas utilizam água potável como água bruta, para produção de água com maior grau de pureza, como água PW “água purificada” e água WFI “água para injetáveis” (ANVISA, 2010).

Uma Farmacêutica de médio porte pode gastar até 5.000 Litros de água purificada em apenas um dia. Em estudo realizado por AZEVEDO e Colaboradores (2016) foi observado que para se produzir 1 litro de água destilada, sendo esta um tipo de água purificada, foram utilizados em média 22 litros de água potável.

De um lado temos escassez de água potável (quantitativa e qualitativa), de outro lado existe um alto nível de qualidade exigido para a água potável e alto consumo na indústria farmacêutica (GIACCHETTI; AGUIAR e CÔRTES, 2016).

Padrão e importância da qualidade da água para medicamentos

Uma vez que as indústrias farmacêuticas utilizam a água potável para produção de água para uso farmacêutico (ANVISA, 2010), é importante entender o nível de qualidade exigido para a água potável. Conforme o Anexo 22 da Portaria de Consolidação nº 5 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017), a água potável não pode oferecer riscos à saúde. A Tabela 1 mostra os principais parâmetros definidos nessa norma.

Tabela 1: Padrões principais de potabilidade da água potável.

Parâmetro	Especificação
Nitrato	10 mg/L
Dureza total	500 mg/L
Alumínio	0,2 mg/L
Cloro residual livre	5 mg/L
Ferro	0,3 mg/L
pH	6 – 9,5
Coliformes totais e Escherichia coli	Ausência em 100 mL
Bactérias Heterotróficas	500 UFC/mL

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017. Portaria de Consolidação nº 5.

No caso da água para uso farmacêutico, uma série de normas e guias especificam a sua qualidade, assim como seu controle e monitoramento. Segundo a Farmacopeia Brasileira, Volume 1, de 2010, o controle da contaminação da água é crucial, uma vez que essa tem grande capacidade de agregar compostos e, também, de se recontaminar, após a purificação.

Dentre as águas para medicamentos, destaca-se a água purificada. SILVA (2017) explica que a água purificada é resultante da água potável que passou por

tratamento. Dentre as características que diferenciam a água potável e a purificada, destacam-se a Condutividade, o TOC (total organic carbon) e a contagem de bactérias heterotróficas, conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2: Comparação dos parâmetros de condutividade, TOC e bactérias heterotróficas entre a água potável e purificada.

Parâmetros	Especificação para água purificada	Especificação para água potável (Informativo para Condutividade e TOC)
Condutividade	<1,3 µS/cm²	100 – 200 µS/cm²
TOC	500 ppb	1000 ppb
Bactérias Heterotróficas	100 UFC/mL	500 UFC/mL

Fonte: Adaptado de SILVA, 2017.

O TOC pode ser indicativo de impurezas orgânicas, além de contaminantes como as endotoxinas bacterianas (ANVISA, 2010). A condutividade indica a presença de sais dissolvidos e alguns gases, como o dióxido de carbono (CO_2), que se dissolvem para formar íons (SILVA, 2017). Esses dois parâmetros são monitorados apenas em águas com qualidade superior ou igual a água purificada.

As bactérias heterotróficas podem desativar reagentes, alterar substratos (ação enzimática), aumentar o TOC, alterar a linha de base (ruído de fundo) em análises espectrais e produzir pirogênios endotoxinas (FREITAS, 2018).

Captação da Água de chuva

A utilização da água de chuva demonstra ser uma boa fonte alternativa. CATULÉ e colaboradores (2018) esclarecem que temos pouca captação da água de chuva no país, isso pode estar relacionado com uma falsa impressão de grande disponibilidade de outras fontes de abastecimento.

Para realizar a coleta da água da chuva é necessário um projeto de captação. Os parâmetros de intensidade, duração e frequência da chuva vão influenciar diretamente no dimensionamento de calhas, condutores e reservatórios. É necessário pensar na relação entre a demanda de água, a área do telhado e tamanho do reservatório (MEDEIROS, 2018).

A Agência Nacional da Água (ANA) (2005) descreve que para a captação da chuva, deve-se determinar a precipitação média mensal, a área de coleta, o escoamento e itens acessórios como filtros e grades. Além disso, deve-se avaliar a

qualidade necessária da água, assim como a qualidade do armazenamento dessa. Todos esses processos estão descritos na figura 1.

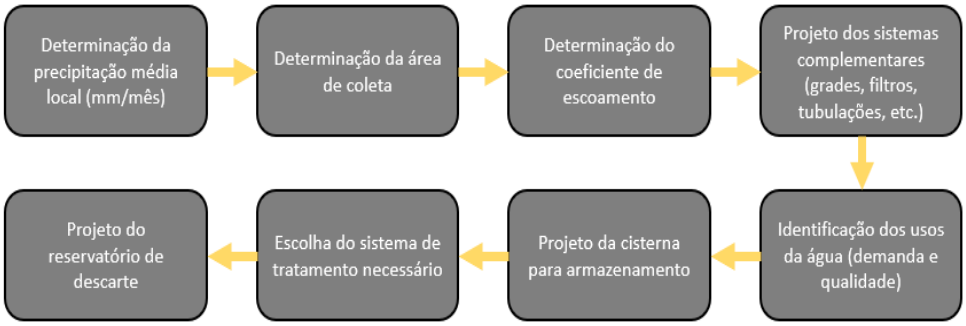


Figura 1: Fatores básicos para execução de um projeto de captação da água de chuva.
Fonte: Adaptado de ANA, FIESP & SINDUSCON-SP, 2005.

Corroborando com os conceitos básicos de um projeto, SOUZA; OMENA; FÉLIX (2018) elucidam que um sistema de captação de água de chuva deve conter:

- ✓ Coberturas para captação de água, Calhas e Filtros;
- ✓ Bombas e Condutores;
- ✓ Dispositivo para descarte da água inicial e Reservatório para água coletada.

Dentre os pontos citados, destaca-se o uso de filtros e o dispositivo de descarte da primeira chuva, conforme a norma ABNT NBR 15.527 (2019). Alguns cuidados importantes devem ser tomados, como a limpeza frequente e remoção de materiais que possam ficar depositados sobre o telhado (MEDEIROS, 2018).

Teoricamente a água da chuva deveria ser pura, porém além de possíveis contaminações oriundas das superfícies de captação, a atmosfera da região pode impactar em alterações químicas e físicas na água, o que reforça a necessidade de um pré-tratamento para a água coletada (HAGEMAN e GASTALDINI, 2016).

Nesse sentido, as indústrias farmacêuticas apresentam grande capacidade num projeto de captação de água de chuva, conforme os fatores listados na tabela 3.

Tabela 3: Potenciais da captação da água da chuva para as indústrias farmacêuticas.

Potencial	*Considerações*
Área de captação	As indústrias possuem grande área de telhado. Os telhados em sua maioria possuem materiais impermeáveis, o que pode facilitar a coleta da água
Capacidade de tratamento	Como a água potável já passa por pré-tratamento para entrar nos sistemas de água com maior grau de pureza, esse pré-tratamento pode ser eficiente para a água de chuva
Know-how em sistemas de água	Mediante a importância da água para as farmacêuticas, ao longo do tempo essas empresas foram se especializando nas características físico-químicas e microbiológicas da água, o que pode ser um diferencial.

Fonte: Elaboração própria.

O mesmo cuidado tomado com a água potável deve ser considerado para a água de chuva. Pesquisas mostram que foram encontradas contaminações por coliformes e enterecocos na água de chuva (SOUZA; OMENA; FÉLIX, 2018).

Diante dos fatos apresentados, é fundamental uma avaliação dos atributos da água de chuva, e a sua viabilidade como uma fonte alternativa para o abastecimento de água bruta em sistemas de água na indústria farmacêutica.

Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo essa análise, a partir de uma comparação dos parâmetros de qualidade da água da chuva com água potável obtida por rede pública.

Justificativas para o uso da água de chuva e para o presente estudo

Sistemas de captação de água de chuva para consumo humano são utilizados há décadas por famílias localizadas na zona rural, isso é positivo, no entanto, a captação da chuva não pode ser tratada apenas, como uma solução consumo por necessidade, e sim como uma oportunidade (SOUZA; OMENA; FÉLIX, 2018).

Com um sistema de captação adequado, além da economia no consumido de água tratada, esse tipo de projeto apresenta uma relevância social, contribuindo com o desenvolvimento sustentável, por meio da preservação dos recursos naturais, e minimização dos impactos ambientais (CATULÉ *et al*., 2018).

A utilização da água de chuva traz como benefícios a redução do consumo de água oriunda da concessionária, a redução da extração de água nos mananciais, o aproveitamento de uma fonte alternativa de água de boa qualidade, e a redução da emissão de água pluvial na rede pública (MOURA *et al*., 2018).

MÉTODOLOGIA

Tipo de Pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de campo, do tipo exploratória. Conforme JACOBSEN e colaboradores (2017), uma pesquisa de campo é utilizada com o objetivo de desenvolver conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta. Consiste na observação de fatos e fenômenos através do registro de variáveis.

Definição do estudo e local de realização das análises

O presente estudo contemplou uma análise comparativa entre a qualidade da água da chuva e da água potável de rede pública, na Cidade de Indaiatuba/SP.

As análises foram realizadas no laboratório de uma Indústria Farmacêutica situada na Cidade de Indaiatuba. Todas as análises foram realizadas por um farmacêutico devidamente treinado nos procedimentos e normas do laboratório. A empresa, assim como o laboratório são certificados conforme os padrões atuais de boas práticas de fabricação e laboratório da ANVISA.

Descrição do plano de amostragem de coleta de água

Com o objetivo de se manter o processo coleta padronizado e passível de comparação, foram seguidos os seguintes métodos:

a) As amostras de água potável e da rede pública foram coletadas sempre na mesma residência localizada na área urbana de Indaiatuba/SP (Figura 2-item A);

b) A Figura 4 mostra que as amostras de água da chuva (item A) e de água potável (item B) foram coletadas em recipiente no mesmo dia, conforme a tabela 4;

c) Antes da coleta da amostra de água potável que foram utilizadas nas análises microbiológicas, a torneira foi higienizada com etanol 70% (v/v), preparado no mesmo dia da amostragem. As amostras para análise físico-química foram retiradas antes da higienização da torneira com etanol 70% (v/v), para evitar que a higienização interferisse nos resultados do TOC. A torneira permaneceu aberta por 2 a 3 minutos antes de cada coleta;

d) As amostras de água de chuva foram coletadas após 5 minutos do início da chuva. Para coleta um recipiente, previamente higienizado com água potável e detergente neutro, foi devidamente posicionado sobre o telhado da residência. Nos dias de coleta, o recipiente permaneceu sobre o telhado durante 30 minutos;

e) Para evitar qualquer transferência de contaminante durante a coleta das amostras da rede pública e da chuva, as mãos do responsável pela coleta foram devidamente higienizadas com água, detergente neutro e etanol 70% (v/v), e posteriormente calçadas com luvas nitrílicas descartáveis sem talco, sendo que após cada coleta as luvas foram higienizadas com etanol 70% (v/v);

f) Todas as amostras foram coletadas em saco plástico estéril de 120 ml, composto de polietileno grau médico. As amostras coletadas foram mantidas, sob resfriamento (8ºC ± 1ºC), até o momento da realização das análises.

Item A



Item B



Figura 2: Locais de Coleta. Item A – Coleta da água da chuva. Item B – Coleta de água potável da rede pública.
Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 4 mostra as datas da coleta das amostras de água, o volume coletado, tipo de análise realizada, o tipo de água coletado e o tempo em que foram realizadas as análises após a coleta.

Tabela 4: Plano de amostragem executado para a água de chuva e de rede pública.

Data	Volume de amostra	Finalidade da amostra	Tipo de água	Tempo até a análise
22/09/2020	Duas amostras de 120ml cada	Análise Físico-Química	Chuva	12 horas
22/09/2020	Duas amostras de 120ml cada	Análise Físico-Química	Rede pública	12 horas
22/09/2020	Uma amostra de 120ml	Análise Microbiológica	Chuva	6 horas
22/09/2020	Uma amostra de 120ml	Análise Microbiológica	Rede pública	6 horas
29/11/2020	Uma amostra de 120ml	Análise Físico-Química	Chuva	20 horas
29/11/2020	Uma amostra de 120ml	Análise Físico-Química	Rede pública	20 horas
29/11/2020	Duas amostras de 120ml	Análise Microbiológica	Chuva	18 horas
29/11/2020	Duas amostras de 120ml	Análise Microbiológica	Rede pública	18 horas
30/11/2020	Uma amostra de 120ml	Análise Físico-Química	Chuva	12 horas
30/11/2020	Uma amostra de 120ml	Análise Físico-Química	Rede pública	12 horas
30/11/2020	Duas amostras de 120ml	Análise Microbiológica	Chuva	6 horas
30/11/2020	Duas amostras de 120ml	Análise Microbiológica	Rede pública	6 horas

Fonte: Elaboração própria.

Definição dos ensaios analíticos

Os procedimentos realizados para análise das amostras de água potável e chuva, bem como os critérios de aceitação, seguiram os critérios preconizados na Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, que define os padrões de potabilidade para água.

Além das análises determinadas na referida norma, com caráter informativo, foram analisados os resultados de TOC e Condutividade. Por serem análises que não

são previstas para avaliação a qualidade da água potável, não apresentam critérios de aceitação. No entanto, seus resultados influenciam na qualidade da produção de água purificada. A Tabela 5 mostra as análises definidas e os critérios de aceitação.

Tabela 5: Análises realizadas e critérios de aceitação dos parâmetros para água potável.

Análises realizadas	Critérios de aceitação
pH	6 – 9,5
Ferro	≤ 0,3 ppm
Nitrato	≤ 0.01 mg L
Sólidos Totais Dissolvidos	1.000 mg L
Dureza total	500 ppm
Alumínio	≤ 0,2 ppm
Condutividade	Informativo
TOC (Total Organic Carbon)	Informativo
Contagem de Bactérias Heterotróficas	500 UFC/mL
Pesquisa de coliformes totais, fecais e Escherichia coli	Ausência em 100mL

Fonte: Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017.

Metodologias de análise

A Tabela 6 mostra as análises físico-químicas realizadas, sendo que as mesmas seguiram os procedimentos/métodos preconizados pelos autores referenciados.

Tabela 6: Procedimentos e Metodologias das análises Físico-Químicas.

Análises	Materiais/ Equipamentos utilizados	Procedimento/Método utilizado
pH	✓ pHmetro Metrohm, modelo 827, devidamente calibrado.	Operação realizada conforme manual do equipamento (METROHM, 2010).
Ferro	✓ Disco de comparação de cor Merck; ✓ Reagente Fe-NA ou Fe-1 Merck.	Método colorimétrico, conforme o Folheto informativo Test MQuant® (MERCK, 2018).
Nitrato	✓ Kit Teste de nitrato, disco de comparação de cor e Reagentes Hach.	Utilizado método colorimétrico (HACH, 2018).
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	✓ Cápsula, Estufa e Água destilada; ✓ Dessecador, Vidro e Cadinho.	Utilizada a metodologia para Sólidos Totais Dissolvidos (Nunes, *et al*., 2015).
Dureza total	✓ Kit reagente de Dureza Hach; ✓ Solução Padrão EDTA, 0,035 N.	Método colorimétrico conforme especificação do kit HACH (HACH, 2019).
Alumínio	✓ Kit teste de Alumínio Merck; ✓ Reagentes Al-1, Al-2 e Al-3.	Empregado o método fotométrico (MERCK, 2020).
Condutividade	✓ Condutivímetro Quimis Q405M2, devidamente calibrado.	Operação realizada conforme o manual do equipamento (TEIXEIRA, 2020).
TOC	✓ Analisador de Carbono Orgânico Total Shimadzu, calibrado e qualificado.	Executada a operação do manual do equipamento (ALCAIDE e FORTI, 2012).

Fonte: Adaptado de vários autores e fabricantes de kit de análise, conforme listado acima.

A Figura 3 descreve as principais etapas das análises microbiológicas realizadas. Na primeira etapa da análise a amostra de água e o branco (placa sem contaminação) são preparados. Na segunda etapa a placa de controle positivo que está contaminada é preparada para demonstrar que o ambiente (estufa e meio) é favorável para o crescimento. Na última etapa são avaliados os resultados, sendo que

se o branco não pode apresentar contaminação e o positivo sim, o teste é válido e a amostra pode ser analisada.

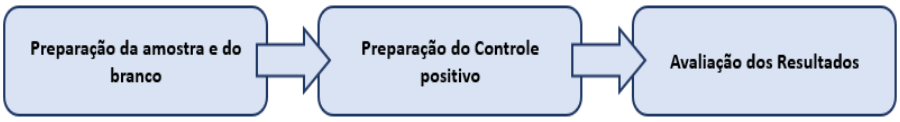


Figura 3: Principais etapas da análise microbiológica.
Fonte: Adaptado de ANVISA, 2010.

Na Tabela 7 estão sistematizados as análises e os procedimentos/métodos realizados para a avaliação microbiológica das amostras de água, e os respectivos materiais/equipamentos utilizados em cada uma das análises.

Tabela 7: Procedimentos e Metodologias das análises Microbiológicas.

Análise	Procedimento/Método	Materiais e equipamentos
Contagem de Bactérias Heterotróficas Preparação da amostra e branco	Filtração em membrana com o sistema Sterifil e incubação a 32,5°C ± 2,5°C por 48 horas.	✓ Placa PCA; ✓ Estufa de incubação.
Contagem de Bactérias Heterotróficas Preparação do Controle positivo	Realizado o Controle de Qualidade com o microrganismo Escherichia coli ATCC 8739 (Material de Referência Certificado).	✓ Escherichia coli ATCC 8739. ✓ Placa PCA e Estufa.
Contagem de Bactérias Heterotróficas Avaliação dos Resultados	Reporte dos resultados obtidos após incubação como “n° de UFC/mL”.	✓ Placa da amostra, branco e controle positivo.
Pesquisa coliformes t., fecais e E. coli Preparação da amostra e branco	Teste cromogênico com incubação a 32,5°C ± 2,5°C por 18-24 horas.	✓ Reativo Aquateste coli®; ✓ Estufa de incubação.
Pesquisa coliformes t., fecais e E. coli Preparação do Controle positivo	Realizado o Controle com o microrganismo Escherichia coli ATCC 8739 (Material de Referência Certificado).	✓ Escherichia coli ATCC 8739; ✓ Estufa de incubação.
Pesquisa coliformes t., fecais e E. coli Avaliação dos Resultados	Reporte dos resultados como “Presença/100mL” ou “Ausência/100mL”.	✓ Placa da amostra, branco e controle.

Fonte: Adaptado de ANVISA, 2010.

RESULTADOS

Os resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas nas amostras de água de chuva e potável estão descritos na tabela 8.

Tabela 8: Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas sistematizados por data e tipo de água.

Análises	*Critérios de aceitação*	*Tipo*	*Amostras*			*Média*	*Desvio P.*
			1ª	*2ª*	*3ª*		
pH	6 – 9,5	Potável	7,4	7,1	7,2	7,20	0,15
		Chuva	8,3	8,7	8,5	8,50	0,20
Ferro	≤ 0,3 ppm	Potável	0	0	0	0,00	0,00
		Chuva	0	0	0	0,00	0,00
Alumínio	≤ 0,2 ppm	Potável	0	0	0	0,00	0,00
		Chuva	0	0	0	0,00	0,00
Nitrato	≤ 0.01 mg L	Potável	0,75	0,25	0	0,30	0,38
		Chuva	0	0	0	0,00	0,00

Análises	*Critérios de aceitação*	*Tipo*	*Amostras*			*Média*	*Desvio P.*
			1ª	*2ª*	*3ª*		
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	1.000 mg L	Potável	314	358	347	339,70	22,90
		Chuva	113	125	132	123,30	9,61
Dureza total	500 ppm	Potável	60	20	20	33,30	23,09
		Chuva	0	0	0	0,00	0,00
Condutividade (µS/cm²)	Informativo*	Potável	664	638	655	652,30	13,20
		Chuva	243	227	237	235,70	8,08
TOC (ppb)	Informativo*	Potável	4342	3349	3366	3685,70	568,46
		Chuva	4162	1505	2247	2638,00	1370,98
Bactérias Heterotróficas	500 UFC/mL	Potável	5 UFC	0	0	0,00	0,00
		Chuva	0	44	36	26,70	23,44
Coliformes T., F. e E. coli	Ausência	Potável	Ausência	Ausência	Ausência	--	--
		Chuva	Ausência	Ausência	Ausência	--	--

Fonte: Elaboração própria.

A seguir temos a sumarização dos resultados obtidos.

✓ pH → na tabela 8 é possível observar que a água da chuva apresentou pH maior, ou seja, mais básico (8,5) em relação a água potável (7,2);

✓ Alumínio e Ferro → as amostras de água potável e chuva apresentaram ausência de ferro e alumínio (tabela 8), atendendo aos critérios especificados;

✓ Nitrato → a água de rede pública apresentou índices superiores ao permitido pela legislação 0,3 mg.L, além de um alto desvio padrão obtido entre as médias das amostras coletadas (tabela 8). A água de chuva não apresentou nitrato;

✓ STD → a água de água de chuva apresentou STD médio menor em comparação a água de rede pública. Também foi possível observar uma maior variação dos resultados para as amostras de água de rede pública (tabela 8);

✓ Dureza → não foi registrada dureza na água de chuva. Já a água potável apresentou média de 33,30 ppm e desvio padrão de 23,09 (tabela 8);

✓ Condutividade → a água potável apresentou maior condutividade média e maior desvio padrão, em comparação a água de chuva (tabela 8);

✓ TOC → a água potável apresentou maior TOC médio em comparação a água de chuva, no entanto a água de chuva teve maior desvio padrão (tabela 8);

✓ Contagem de Bactérias Heterotróficas → a água de chuva apresentou maior valor médio e maior variação estatística nos resultados (tabela 8). A Figura 4 traz a imagem dos resultados da análise microbiológica da água da água potável (Itens “A”, “B” e “C”) e da água de chuva (Itens: “D”, “E” e “F”);

✓ Pesquisa de coliformes totais, fecais e Escherichia coli → Tanto a água de chuva quanto a água potável apresentaram padrão de potabilidade, sendo que todas as amostras indicaram ausência de coliformes totais, fecais e Escherichia coli.

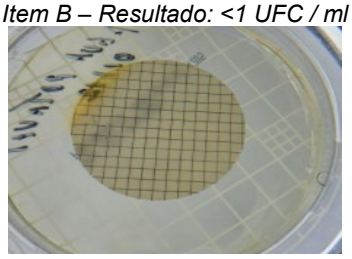
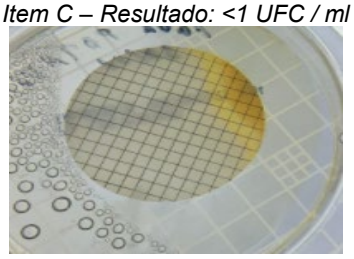
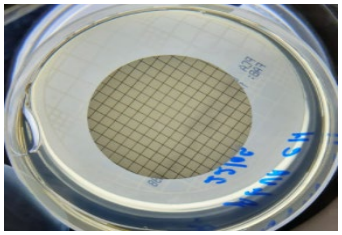
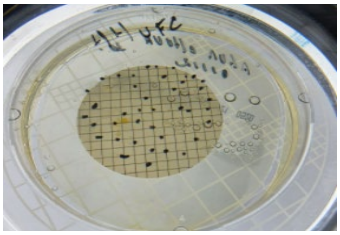
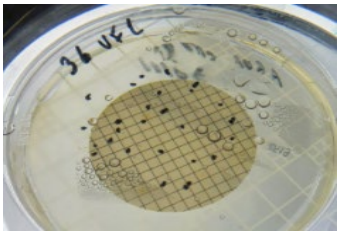
Resultados da primeira amostra	*Resultados da segunda amostra*	*Resultados da terceira amostra*
Item A – Resultado: 5 UFC / ml 	*Item B – Resultado: <1 UFC / ml* 	*Item C – Resultado: <1 UFC / ml* 
Item D – Resultado: <1 UFC / ml 	*Item E – Resultado: 44 UFC / ml* 	*Item F – Resultado: 33 UFC / ml* 

Figura 4: Placas de meio PCA com os resultados da Contagem de Bactérias Heterotróficas. Itens “A”, “B” e “C”: água potável. Itens “D”, “E” e “F”: água de chuva. **Fonte:** Elaboração própria.

DISCUSSÃO

Neste tópico abordaremos a comparação entre a qualidade dos tipos de água, assim como uma análise e discussão dos resultados obtidos no estudo.

Padrão superior da água de chuva

A água de chuva demonstrou a possibilidade de apresentar um padrão de qualidade superior, para as análises abaixo.

✓ Nitrato → os resultados obtidos para o nitrato sugerem um melhor padrão de qualidade da água da chuva, além disso, a água de rede pública apresentou uma quantidade de nitrato acima do permitido pela legislação. Conforme ANA (2020) a presença de nitrato indica contaminação e pela sua toxicidade, elevadas concentrações podem causar metahemoglobinemia infantil, uma doença letal;

✓ STD → as amostras de água de chuva do presente estudo apresentaram valor médio baixo e próximo ao registrado pela ANA (2020) para a água de reuso, o que sugere que a água de chuva apresenta bom padrão de qualidade nesse parâmetro;

✓ Dureza → a dureza da água refere-se à concentração de íons alcalino-terrosos e pode ser prejudicial às membranas de osmose reversa, além de ser um contaminante crítico para produção de medicamentos (LALAU et al., 2016). Esse parâmetro crítico não foi registrado nas amostras de água de chuva;

✓ Condutividade → a partir dos valores médios obtidos é indicativo da melhor qualidade na água da chuva.

✓ Dentre os pontos analisados, destaca-se para água de chuva o resultado zerado da dureza em todas as amostras, e o desvio padrão da Condutividade, o qual foi consideravelmente menor em comparação as amostras de rede pública.

✓ Também foram obtidos valores baixos para STD. Esse contaminante caracteriza-se pela soma dos constituintes químicos a água (EMBRAPA, 2011) e possui a capacidade de reduzir o tempo de vida útil das membranas de osmose reversa (BEZERRA, 2018), o que ratifica a importância dos resultados obtidos.

Mesmo padrão de qualidade entre os dois tipos de água

A água de chuva demonstrou o mesmo padrão de qualidade em comparação a água de rede pública, para as análises a seguir.

✓ Alumínio e Ferro → os resultados para esses dois parâmetros demonstram que tanto a água de rede pública quanto a água de chuva estão dentro dos parâmetros de consumo humano;

✓ Pesquisa de coliformes e escherichia coli → para ser potável, a água precisa apresentar-se livre de Coliformes e E. coli (SARAIVA et al., 2020). Todas as amostras do estudo apresentaram padrão de potabilidade, pois indicaram ausência desses contaminantes microbianos.

Pontos de atenção para o padrão de qualidade da água de chuva

A água de chuva demonstrou pontos de atenção para as análises a seguir.

✓ pH → as amostras de água de chuva demonstraram maior alcalinidade em comparação com a água de rede pública. Conforme a ANVISA (2010) oscilações na qualidade do ar podem influenciar no pH da água. Os resultados obtidos sugerem a ausência de gases responsáveis pela acidificação da água de chuva, tais como enxofre, dióxido de carbono entre outros. Apesar dos valores obtidos estarem dentro da especificação, deve-se ter atenção devido o tipo de material das membranas de

osmose reversa. BEZERRA (2018) explica que membranas de Acetato de Celulose precisam trabalhar com o pH entre 4 e 6. Já membranas de Poliamida poderiam trabalhar entre 2 e 11;

✓ TOC → a partir dos resultados médios obtidos nesse parâmetro, a água de chuva apresentou melhor padrão de qualidade, porém deve-se ressaltar que o desvio padrão das amostras de água de chuva foram expressivamente maiores que da água potável. Essa variação estatística demonstra que o TOC deve ser avaliado com atenção, pois pode apresentar grande variação, dependendo do dia da coleta;

✓ Contagem de Bactérias Heterotróficas → apesar de valores dentro do especificado, a água de chuva apresentou valores mais altos em comparação a água de rede pública. Tendo em vista que a água de chuva não passa por cloração ou outro controle contra agentes microbianos, essa fica mais suscetível a contaminações. Além disso, as contagens para água de chuva ocorreram na 2ª e 3ª amostras do estudo, em dias em que a chuva foi mais forte, aumentando assim a possibilidade de entrada de sujidades do telhado para o recipiente de coleta;

✓ Os valores obtidos para essas três análises não indicam necessariamente menor qualidade da água da chuva, porém indicam uma necessidade de monitoramento e de tratamentos adicionais, em especial para contagem microbiana, devido a sua criticidade;

✓ Outros estudos também apontaram a presença de Bactérias Heterotróficas em água de chuva, com valores entre 10 e 3501 UFC/ml (ANA, 2020).

Comparativo dos resultados e considerações no uso da água de chuva

A Figura 5 auxilia na comparação dos pontos positivos e de atenção, para utilização da água de chuva, assim como apresenta possíveis formas de monitoramento.

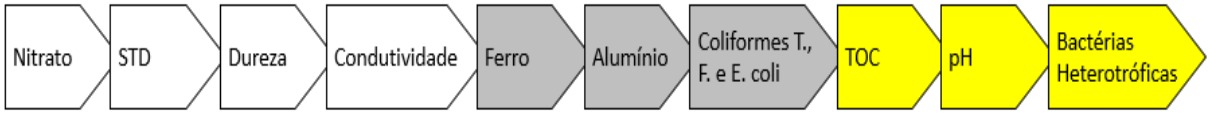


Figura 5: Comparativo dos resultados com pontos positivos e de atenção para utilização da água de chuva.
Fonte: Elaboração própria.

Os parâmetros nos quadros em branco apresentaram melhor qualidade na água de chuva, para esses um monitoramento com menor frequência poderia ser

definido num estudo de validação. Os quadros em cinza devem ser monitorados com a mesma frequência da água potável, pois esses apresentaram mesmo padrão de qualidade.

Já para os quadros em amarelo, além do monitoramento frequente, a água deve ser submetida a tratamentos adicionais. Nesse caso a água de chuva pode ser filtrada para redução das variações do TOC, o pH deve ser corrigido e a contagem de bactérias reduzida com a adição de cloro.

A empresa que considerar utilizar a água de chuva em sistemas de água poderá pensar num projeto de validação que considere a mistura da água de chuva com a água potável, conforme imagem a seguir.

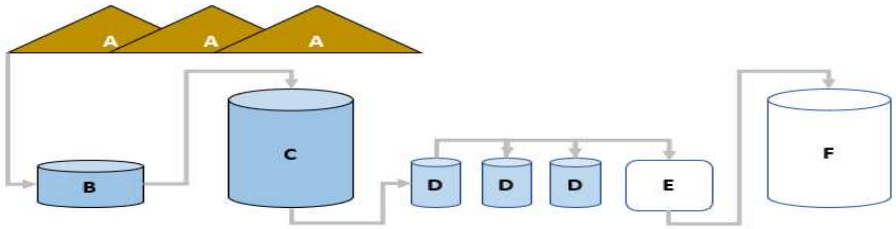


Figura 6: Exemplo de projeto de validação de sistema de água considerando a mistura das águas.
Fonte: Elaboração própria.

Segue descrição dos pontos da figura 6.

- ✓ A: Telhado da empresa com captação da água de chuva;
- ✓ B: Caixa D'água para recebimento, filtragem e cloração da água de chuva;
- ✓ C: Caixa D'água de água potável de rede pública, onde será adicionado água de chuva pré-tratada;
- ✓ D: Pré-tratamento do Sistema de Água para medicamentos, o qual pode conter filtro areia, abrandadores, filtros de micragem menor, como 5 e 1 micra;
- ✓ E: Sistemas de tratamento principal, Osmose reverse, EDI, entre outros;
- ✓ F: Reservatório de Água Purificada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo foi realizada uma comparação dos parâmetros de qualidade da água da chuva com água potável obtida por rede pública. Com essa comparação foi possível demonstrar que a água de chuva possui grande potencial como alternativa em sistemas de água para produção de medicamentos.

Dos 10 parâmetros de qualidade avaliados, a água de chuva se mostrou superior a água potável em 4 desses parâmetros, igual em 3 e para 3 parâmetros a água de chuva demonstrou que pode ser considerada com o mesmo padrão, desde que seja submetida a um tratamento prévio.

O ambiente atmosférico da região deve ser levado em consideração, esse poderá afetar nos valores de pH e TOC. Também é fundamental a limpeza da área de coleta, dos telhados, calhas e reservatórios de água, pois esses podem ser fonte de contaminação microbiana.

No entanto, não foi verificado nenhuma contaminação crítica que, não poderia ser devidamente tratada pelos métodos de pré-tratamento atuais, ou seja, desde-que submetida ao mesmo tratamento e ao mesmo controle da água potável, a água da chuva pode ser considerada viável para utilização em sistemas de água purificada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR – Norma Brasileira Regulamentadora nº 15.527. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. 2019.

ALCAIDE, Roberta Lee Maciviero e FORTI, Maria Cristina. Manual de Procedimentos do Analisador de Carbono Total TOC-VCPN - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. 2012. Disponível em: http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2012/01.20.16.33/doc/publicacao.pdf. Acesso em 21 ago. 2020.

ANA – Agência Nacional das Águas. Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). 2020. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso em: 8 ago. 2020.

ANA – Agência Nacional das Águas, FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo & SINDUSCON-SP - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Conservação e reuso de águas em edificações. 2005. Disponível em: file:///C:/Users/azh7245/Downloads/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf. Acesso em: 27 jul. 2020.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Farmacopeia Brasileira, Volume 1, 5ª edição. 2010. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33832/260079/5%C2%AA+edi%C3%A7%C3%A3o+-+Volume+1/4c530f86-fe83-4c4a-b907-6a96b5c2d2fc. Acesso em 22 ago. 2020.

AZEVEDO, F. G. P. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, VII, 2016, Campina Grande. Editora: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2016, pp. 1-5.

BEZERRA, Anderson Gomes. Estudo da tecnologia de filtração por osmose reversa na purificação da água. 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2883. Acesso em: 6 jun. 2020.

CATULÉ, Pablo Fernandes, SALOMÃO, Pedro Emílio Amador, CANGUSSÚ, Luíza e CARVALHO, Paulo Henrique Viera de. Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso de água da chuva no município de Teófilo Otoni - MG. p. 01-25. 2018. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6558662. Acesso em: 01 ago. 2020.

EMBRAPA – Documento 232 – Manual de Procedimentos e Análises da Água. 2011. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

FOLLMER, Darles Luan Schneider, BISOGNIN, Ramiro Pereira, SOUZA, Eduardo Lorensi de, VASCONCELOS, Márlon de Castro, GUERRA, Divanilde e SILVA, Danni Maisa da. Construção e Eficiência de um Fotorreator de Radiação Ultravioleta de baixo custo para desinfecção de água. p. 165-181, 1 dez. 2019. Disponível em: http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/7480. Acesso em: 6 jun. 2020.

FREITAS, Flávia Beatriz da Silva. Aplicação do controle estatístico de processo nos dados de monitoramento do ponto SPT 11 do sistema de pré-tratamento de água do NUPLAM. 2018. Disponível em: https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/8378. Acesso em: 18 jul. 2020.

GIACCHETTI, Marcelo Cruz Martins, AGUIAR, Alexandre de Oliveira e CÔRTES, Pedro Luiz. Consumo de água em indústrias: Enfrentando a escassez. p. 21. 2016. Disponível em: http://www.revistaespacios.com/a17v38n22/a17v38n21p21.pdf. Acesso em: 6 jun. 2020.

HACH. Kit de prueba de dureza (total), modelo 5-EP MG-L. 2019. Disponível em: https://es.hach.com/product.detail-print.version.jsa?id=25116629129. Acesso em 20 ago. 2020.

HACH. Teste em cuvete para nitrato 5-35 mg/L NO_3-N. 2018. Disponível em: https://pt.hach.com/product.detail-print.version.jsa?id=26370298039. Acesso em 20 ago. 2020.

HAGEMANN, S. E. e GASTALDINI, M. C. C. Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria – RS. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, n. 3, p. 525-536. 2016.

JACOBSEN, Alessandra de Linhares, CONTO, Sabrina Fonseca de, SILVÉRIO, Renata Costa, GUIMARÃES, Vanessa da Rosa, SILVA, Wanessa Caroline da. Perfil Metodológico de Pesquisas Elaboradas no Âmbito das Instituições de Ensino Superior Brasileiras: Uma Análise de Publicações Feitas pela revista ciências da administração. 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/181164/101_00179.pdf?seque

nce=1&isAllowed=y#:~:text=A%20pesquisa%20de%20campo%20caracteriza,)%20(FONSECA%2C%202002). Acesso em: 13 ago. 2020.

LALAU, Franciele Roldão, MELO, Aline Resmini, FELTRIN, Jucilene, FARACO, Morgana Nuernberg Sartor. Estudo da Influência da Dureza da Água Sobre a Defloculação e o Comportamento Reológico de uma Suspensão Cerâmica. p. 25-34, 2016. Disponível em: https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/10.4322/cerind.2016.032/pdf/ci-21-5-6-25.pdf. Acesso em: 8 ago. 2020.

MALGUEIRA, R. P., MENDONÇA, L. F., PICARDO, M. C. e PEREIRA, L. Q. Avaliação de um Sistema de Geração, Armazenagem e Distribuição de Água Purificada em uma Indústria de Cosméticos. p. 77-84. 2018. Disponível em: http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/465. Acesso em: 6 jun. 2020.

MEDEIROS, Guilherme Adler Aciole. Estudo da eficiência de reservatórios de aproveitamento de água de chuva no município de Natal/RN. 2018. Disponível em: https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/6251. Acesso em: 6 jun. 2020.

MERCK KGaA, 64271 Darmstadt, Germany. Folheto com informações sobre o produto - Iron Test MQuant®. 2018. Disponível em: file:///C:/Users/azh7245/Downloads/114759e.pdf. Acesso em 20 ago. 2020.

MERCK KGaA, Método: fotométrico - Teste Alumínio 0,020-1,20mg/l Al. 2020. Disponível em: file:///C:/Users/azh7245/Downloads/114825e.pdf. Acesso em 20 ago. 2020.

METROHM AG. Manual 826 pH mobile / 827 pH lab - Program version 5.826.0011 and 5.827.0011, 2010. Disponível em: file:///C:/Users/azh7245/Downloads/622397_88278001EN_Manual_826_pH_mobile_+_827_pH_lab.pdf. Acesso em 20 ago. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 que dispõe sobre a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf. Acesso em: 11 jul. 2020.

MOURA, Adriana Correia Calmon, LINHARES, Camila Chamusca, GRILLO, Caroline Gualberto, VIANA, Clarissa Meira e COSTA, Fransival Pereira. Implantação de Sistema de Conservação e Reuso de Água em Terminal Portuário de Salvador. p. 34-58. 2018. Disponível em: http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/5982. Acesso em: 6 jun. 2020.

NAPPIER Sharon P., SOLLER, Jeffrey A. e EFTIM Sorina E. Potable Water Reuse: What Are the Microbiological Risks? Curr Environ Health Rep. p. 283-292. 2018. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6779056/. Acesso em: 23 jun. 2020.

OLIVEIRA, Alisson Souza de, SILVA, Antônio Marciano da. e MELLO, Carlos Rogério de. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. p. 59-67. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522020000100059&script=sci_arttext. Acesso em: 22 jun. 2020.

OLIVEIRA, Fabiely Cristina e PELEGRINI, Denise Davanço. Controle de Qualidade do Sistema de Produção de Água Purificada obtida por osmose reversa em indústria farmacêutica. p. 6. 2011. Disponível em: http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios2/article/view/672. Acesso em: 6 jun. 2020.

SARAIVA, Maria Danyelle Coêlho, SILVA, Thaylon Menezes Ferreira da, PAIXÃO, Letícia Araújo da, SILVA, Maryna Araújo da, FERNANDES, Morgana Braga, LEANDRO, Lívia Maria Garcia, AQUINO, Pedro Everson Alexandre de e SILVA, Rakel Olinda Macedo da. Análise bacteriológica da água utilizada para consumo humano no Sítio Bela Vista, Barbalha - CE. p. 1-11. 2020. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/revistasaude/article/view/42354. Acesso em: 6 jun. 2020.

SILVA E.M. Avaliação da qualidade de água através de parâmetros físico-química da água bruta e pós tratamento do açude de Sumé. 2017. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4992. Acesso em: 29 jun. 2020.

SILVA, Fabricio Roosevelt Melo da. Implantação e Desenvolvimento de uma Rede de Automação Industrial e Sistema SCADA para estação de tratamento de água purificada. p. 92. 2017. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/24831. Acesso em: 6 jun. 2020.

SOUZA, Joselito Menezes de, OMENA, Sylvia Paes e FÉLIX, Wagner Pereira. Captação de Água de Chuva para Consumo Humano. p. 81-94. 2018. Disponível em: https://www.unirios.edu.br/revistarios/media/revistas/2018/20/captacao_de_agua_de_chuva_para_consumo_humano.pdf. Acesso em: 6 jun. 2020.

TEIXEIRA, Alex Sandro. Manual de Instruções do Condutivímetro de Bancada Quimis Q405M2. 2020. Disponível em: file:///C:/Users/azh7245/Downloads/q405m2%20(1).pdf. Acesso em 21 ago. 2020.

Autor: Pedro Araujo dos Santos

Formação: Formado em Administração de Empresas Pela Universidade Paulista Unip e MBA em Engenharia da Qualidade pelo Centro Universitário Salesiano.

Atuação profissional: profissional da Industria farmacêutica com 12 anos de experiência. Conhecimento em processos farmacêuticos com ênfase em Qualificação de Equipamentos, Validação de Processos, Limpeza e Sistemas.

Email: pedromariajose213@gmail.com

Coautora (Orientadora): Prof. Dra. Márcia de Araújo Rebelo

Formação: Doutorado (2019) e Mestrado em Ciências Farmacêuticas (2015) pela Universidade de Sorocaba (UNISO). Especialização em Farmacologia e Interações Medicamentosas pela Universidade Internacional (2015).

Atuação profissional: experiência Farmacêutica atuando principalmente em: aplicação de biomateriais em dispositivos biomiméticos, filmes poliméricos mucoadesivos para liberação controlada de fármacos e caracterização físico-química. Atualmente é Docente e Coordenadora da Área de Saúde de (NEPI) no Unieduk. Também atua como docente no Grupo Ibmec Educacional S.A.(Unimetrocamp).

Publicação: 20 artigos publicados em periódicos (nacionais e internacionais), participação em 5 capítulos de livros (nacionais e internacionais), 12 trabalhos completos e 39 resumos publicados em Anais de congressos. Endereço para acessar este CV: http://lattes.cnpq.br/2947150529517162.

Email: marciarebelo@ig.com.br

Coautora (Orientadora): Prof. Dra. Francine de Mendonça Fábrega

Formação: Doutora em engenharia química, como também bacharel em engenharia mecânica. Especialista em metodologias ativas com aplicações efetivas em sala de aula, gerando diversos trabalhos publicados.

Atuação profissional: experiência atuando atuo como docente desde 2010. Dentre as experiências mais relevantes no setor educacional, participei da concepção do Programa de Formação e Reconhecimento. Docente de uma grande empresa educacional, atuando como autora e organizadora desse importante programa de treinamento para os docentes da companhia, visando o seu conhecimento, treinamento e aplicação de metodologias ativas e reconhecimento pela sua prática em

sala de aula. Atuou também como consultora acadêmica, conteudista e professora EaD, revisando e produzindo materiais didáticos das mais diversas áreas da engenharia, bem como, questões de provas, materiais preparatórios para o exame nacional de cursos e gravação de aulas para o ensino híbrido e à distância.

Email: francine.fabrega@gmail.com