

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
ETEC Júlio de Mesquita
Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CLORO ATIVO EM ÁGUA SANITÁRIA CLANDESTINA

Alexsandro Henrique Soaris da Silva¹

Davi Mestre de Sousa²

Giovana Ribeiro³

Íris Moara Santos Leite Lima⁴

Jhonny Frank Sousa Joca⁵

Maria do Socorro Sousa Silva⁶

Resumo: A água sanitária é uma solução de hipoclorito de sódio, utilizada principalmente para fins alvejantes e higienização de ambientes. Os padrões necessários para a qualidade de produtos saneantes são estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pois a variação da concentração desse produto pode trazer problemas aos consumidores e ao meio ambiente. Neste trabalho, foram selecionadas águas sanitárias clandestinas e comerciais, para a determinação do teor de cloro ativo através do método iodométrico, bem como o seu pH, para comparação com as normas da ANVISA. Ademais, também foram selecionadas duas amostras, uma clandestina e uma comercial, para fins de comparação do decaimento do teor do íon hipoclorito em função do tempo. Por fim, os resultados demonstram que a grande maioria das amostras clandestinas apresentam teor abaixo do que institui os parâmetros da ANVISA, ao contrário das comerciais, que apresentam intervalos mais confiáveis de teores de cloro ativo.

Palavras-Chave: Água sanitária; Iodometria; Clandestina; Alvejante.

¹ Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – alexandro.silva96@etec.sp.gov.br

² Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – davi.sousa16@etec.sp.gov.br

³ Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – giovana.ribeiro42@etec.sp.gov.br

⁴ Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – iris.lima4@etec.sp.gov.br

⁵ Professor do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – jhonny.joca@etec.sp.gov.br

⁶ Professora do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – maria.silva2473@etec.sp.gov.br

ABSTRACT

The household bleach is a sodium hypochlorite solution, used mostly for sanitizing and disinfecting places. The standards necessary for the quality of cleaning products are established by the Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), because the concentration variation of these products may cause infirmities to the Environment or to users. In this study, counterfeit and commercial bleach samples were selected to determine the percent active chlorine by the iodometric method, plus the pH measurement, to compare with the ANVISA standards. Furthermore, two samples, a counterfeit and a commercial, were selected to compare the decomposition of the concentration of hypochlorite ion as a function of time. In conclusion, the results showed that the majority of counterfeit bleach samples had a lower percentage than those established by ANVISA, unlike the commercial samples, which showed more reliable ranges of percent active chlorine.

Keywords: Bleach; Iodometry; Counterfeit; Disinfecting.

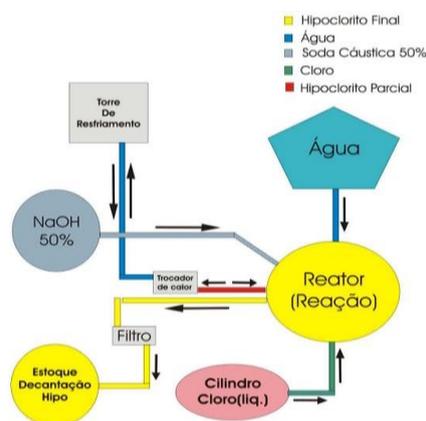
1 INTRODUÇÃO

A água sanitária, conhecida popularmente como "água de lavadeira" ou "cândida", é uma solução de hipoclorito de sódio com forte poder desinfetante usada para alvejar, desinfetar e higienizar ambientes. É armazenada em embalagens plásticas como PEAD e PP, e é comumente encontrada em supermercados, mercearias e farmácias. No entanto, a venda clandestina desse produto é frequente devido à sua ampla utilização (TEIXEIRA, 2016).

A primeira solução alvejante, conhecida como "água de Javel", foi sintetizada em 1785 por Claude L. Berthollet, que borbulhou cloro gasoso em uma solução de carbonato de sódio. No entanto, a água sanitária utilizada hoje foi desenvolvida por Charles Tennant no final do século XVIII. Em 1810, Tennant fundou a primeira fábrica para a produção em larga escala de agentes saneantes, popularizando o produto como alvejante de tecidos e desinfetante de superfícies (MARQUES, 2020).

Atualmente, a produção industrial de água sanitária é realizada por meio do método eletrolítico, envolvendo a eletrólise de uma solução salina, geralmente cloreto de sódio, em uma célula eletrolítica. Esse processo libera cloro no ânodo e produz hidrogênio e hidróxido de sódio no cátodo, resultando na formação de hipoclorito de sódio quando o cloro gasoso é borbulhado na solução de soda cáustica. A figura 1 apresenta o fluxograma de produção de hipoclorito de sódio.

Figura 1 - Ilustração do processo de fabricação do hipoclorito de sódio.



Fonte: PEREIRA et al, (2020); LUCCA, (2006)

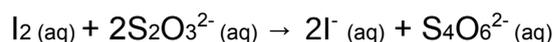
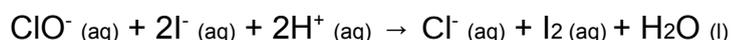
Além da produção industrial de água sanitária, existe uma produção e comercialização do produto de forma clandestina, que apresenta riscos à saúde e ao meio ambiente, devido à falta de controle de qualidade, resultando em concentrações inadequadas de hipoclorito, que podem causar irritação na pele, olhos e vias respiratórias, e até mesmo a morte em caso de ingestão acidental. Além

disso, essa produção não garante eficácia na eliminação de micro-organismos patogênicos, aumentando os riscos de disseminação de doenças (TKÁČOVÁ & BOŽÍKOVÁ, 2014; TEIXEIRA, 2016).

A Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 698, de 13/05/2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece os padrões necessários para a qualidade de produtos saneantes, além de definir as características gerais, substâncias permitidas, forma de apresentação, advertências e cuidados a serem apresentados na rotulagem desses produtos. A RDC nº 698, estabelece que as águas sanitárias devem apresentar teor de cloro ativo entre 2,0% p/p e 2,5% p/p e pH máximo do produto de 13,5 (BRASIL, 2022).

O método comum para determinar o teor de cloro ativo em água sanitária é a iodometria. Nesse método, o tiosulfato de sódio padronizado com iodato de potássio é usado como substância titulante, e a amostra de água sanitária é titulada, em solução junto com iodeto de potássio em meio ácido, usando amido como indicador (ANDRADE, 2001). O processo envolve a oxidação do iodeto de potássio pelo hipoclorito, formando iodo molecular e íons cloreto, seguido da redução do iodo pelo tiosulfato. O ponto de viragem é indicado pela mudança de cor da solução de azul (fase intermediária) para incolor (VOGEL, 2017).

Reações da determinação de cloro ativo (VOGEL, 2017):



1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal, determinar o teor de cloro ativo através do método iodométrico, e o pH em amostras de água sanitária, com foco em água sanitária clandestina na região do ABC Paulista.

Tem-se como objetivo secundário, analisar o decaimento do teor de hipoclorito de sódio em função do tempo em amostras clandestinas e comerciais para fins de comparação.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Reagentes

Para realização do presente trabalho, foram analisadas 43 amostras de águas sanitárias de diferentes origens, sendo 12 amostras comerciais e 31 clandestinas.

Para a secagem de KIO_3 P.A. (Dinâmica, Brasil), usou-se a estufa elétrica de modelo 50A (Thermosolda, Brasil). Posteriormente, usou-se o dessecador (Labor Quimi) a fim de evitar a absorção de umidade, para então, subseqüentemente, preparar a solução do padrão primário. Nas pesagens, foi utilizada a balança analítica AY220 (Shimadzu, Japão).

Na determinação dos teores de cloro ativo, utilizou-se uma solução de H_2SO_4 50% preparada a partir de uma solução de H_2SO_4 98% (Neon, Brasil). Além disso, foi usada uma solução de KI 5% preparada a partir de KI P.A. (Anidrol, Brasil). Foi utilizado amido solúvel P.A. (Cromato Produtos Químicos, Brasil) para o preparo do indicador em concentração 1%.

Ademais, para as titulações, foi preparada uma solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 mol/L com o sal de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ penta hidratado P.A. (Casa Americana, Brasil). Todas as diluições e preparo de soluções foram realizadas usando-se água deionizada produzida no laboratório de química da ETEC Júlio de Mesquita. Por fim, na análise do pH de todas as amostras, utilizou-se o medidor de pH de bancada modelo mPA-210 (MS Tecnopon, Brasil).

2.2 Procedimento Experimental

2.2.1 Padronização do tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

Para a padronização do tiosulfato de sódio com o padrão primário KIO_3 , observa-se o procedimento na Figura 2.

Figura 2 – Preparo da solução de KIO_3 e padronização do tiosulfato de sódio

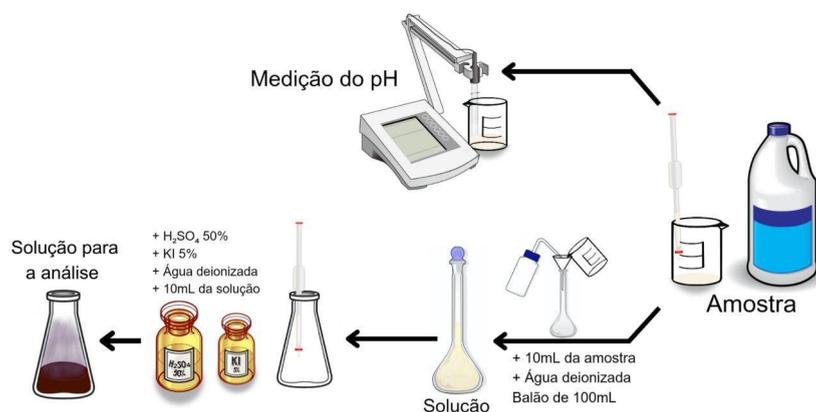


Fonte: Os autores, (2023)

2.2.2 Determinação do teor de cloro ativo em amostras de água sanitária

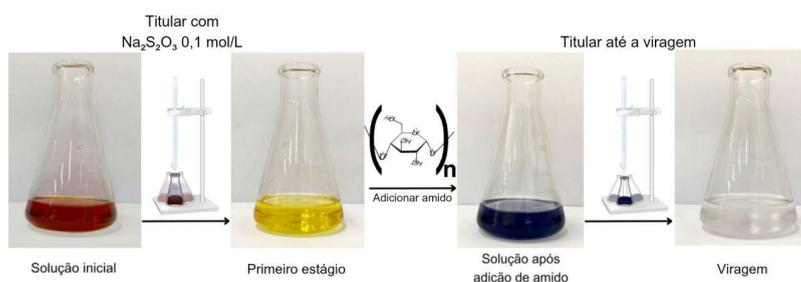
Na Figura 3, é possível visualizar o procedimento do preparo da solução para análise e, na Figura 4, é possível observar as mudanças de coloração na solução em decorrência de suas respectivas viragens em ambos procedimentos.

Figura 3 – Fluxograma sobre preparo da solução da amostra a ser analisada e medição de pH



Fonte: Os autores, (2023)

Figura 4 - Pontos de viragem da padronização do tiosulfato de sódio e da análise do teor de cloro ativo em amostras de água sanitária.



Fonte: Os autores, (2023)

2.3 Resultados e Discussão

Após as análises de 43 amostras de água sanitária, foram obtidas as concentrações expressas em porcentagem de cloro ativo, conforme a seguinte fórmula:

$$\% Cl = \frac{V \times N \times 35,45 \times 100\%}{m}$$

% Cl = Porcentagem de cloro ativo;

V = Volume de tiosulfato de sódio;

N = Normalidade do tiosulfato de sódio;

m = Massa de água sanitária.

Os valores das amostras analisadas estão presentes na tabela 1 a seguir:

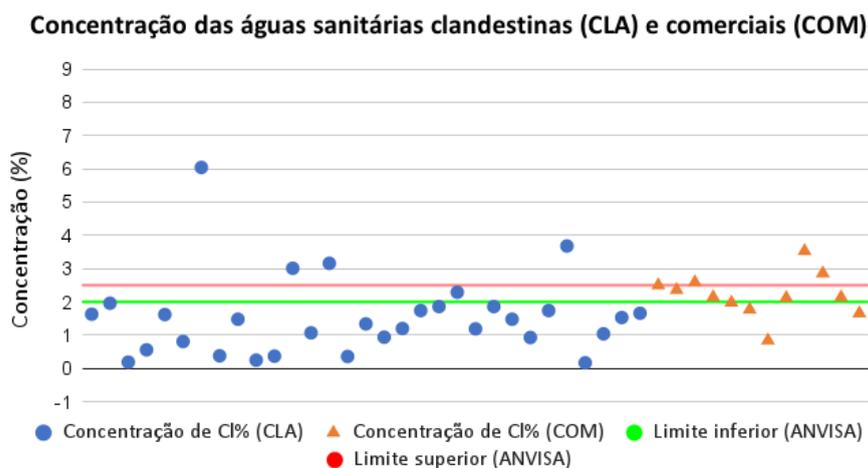
Tabela 1 – Valores de Concentração e pH de amostras de água sanitária de origem comercial e clandestina.

Origem	Amostra	Concentração de Cl% ± Desvio	Erro (%)	pH
Comercial	1	2,50 ± 0,08	3,2	12,83
	2	2,36 ± 0,02	0,8	12,48
	3	2,59 ± 0,09	3,5	13,02
	4	2,14 ± 0,09	4,2	12,53
	5	1,98 ± 0,03	1,5	11,49
	6	1,77 ± 0,06	3,4	12,02
	7	0,84 ± 0,03	3,6	11,94
	8	2,12 ± 0,02	0,9	12,52
	9	3,53 ± 0,04	1,1	12,04
	10	2,86 ± 0,15	5,2	11,44
	11	2,14 ± 0,05	2,3	11,16
	12	1,66 ± 0,02	1,2	10,80
Clandestina	13	1,63 ± 0,04	2,5	13,03
	14	1,96 ± 0,04	2,0	12,44
	15	0,19 ± 0,01	5,3	10,90
	16	0,56 ± 0,03	5,4	11,25
	17	1,62 ± 0,02	1,2	12,53
	18	0,81 ± 0,01	1,2	11,92
	19	6,04 ± 0,20	3,3	12,63
	20	0,38 ± 0,02	5,3	5,71
	21	1,48 ± 0,02	1,4	12,09
	22	0,25 ± 0,00	0,0	9,99
	23	0,37 ± 0,01	2,7	11,67
	24	3,01 ± 0,03	1,0	12,01
	25	1,07 ± 0,04	3,7	12,95
	26	3,16 ± 0,04	1,3	12,18
	27	0,36 ± 0,00	0,0	11,09
	28	1,34 ± 0,02	1,5	10,95
	29	0,94 ± 0,05	5,3	10,55
	30	1,20 ± 0,04	3,3	10,78
	31	1,74 ± 0,03	1,7	11,00
	32	1,86 ± 0,04	2,2	11,26
	33	2,29 ± 0,02	0,9	12,00
	34	1,19 ± 0,02	1,7	11,70
	35	1,86 ± 0,03	1,6	11,60
	36	1,48 ± 0,03	2,0	11,74
	37	0,93 ± 0,03	3,2	11,43
	38	1,74 ± 0,02	1,1	11,75
	39	3,68 ± 0,03	0,8	12,50
	40	0,17 ± 0,00	0,0	9,70
	41	1,04 ± 0,02	1,9	11,05
	42	1,53 ± 0,01	0,7	11,51
	43	1,66 ± 0,01	0,6	10,29

Fonte: Os autores (2023).

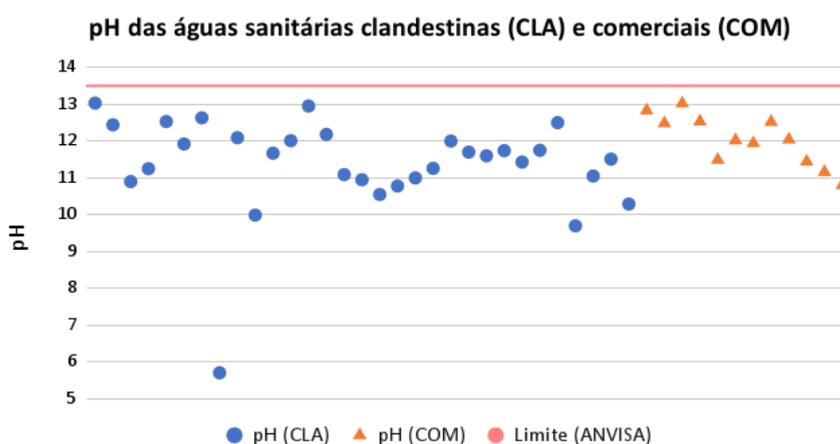
A tabela 1 mostra a origem (comercial e clandestina) de cada uma das amostras e respectivos valores de porcentagens de cloro ativo, desvio padrão, erro relativo e o pH. Os dados de concentração e pH estão expressos nas figuras 5 e 6.

Figura 5 - Concentração (%) das amostras de água sanitária clandestina (CLA) e comercial (COM)



Fonte: Os autores (2023).

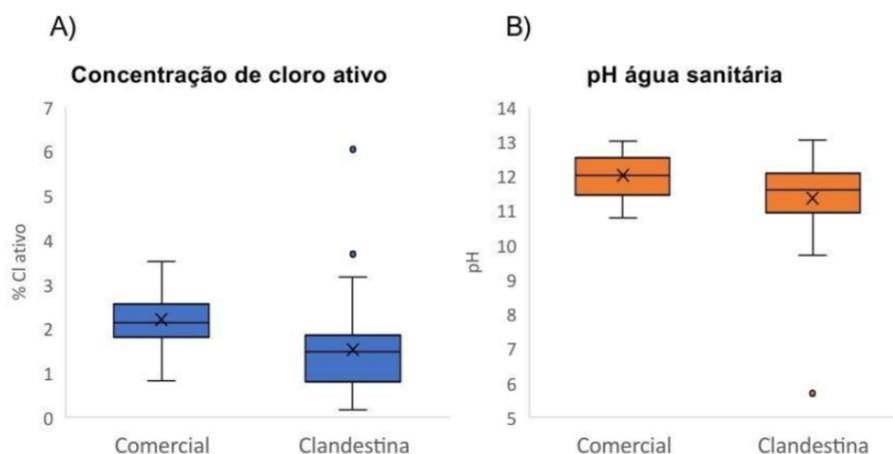
Figura 6 - pH das amostras de água sanitária clandestina (CLA) e comercial (COM)



Fonte: Os autores (2023).

A figura 5 apresenta os valores de concentração de cloro ativo (%) e a figura 6 os valores de pH para as amostras de água sanitária, clandestinas e comerciais. A menor concentração de cloro ativo para amostras comerciais foi de $0,84 \pm 0,03$, para as clandestinas foi de $0,17 \pm 0$. A maior concentração registrada em amostra clandestina foi de $6,04 \pm 0,20$ e para as comerciais de $3,53 \pm 0,04$. Quanto ao pH, o maior e menor valor, respectivamente, para águas sanitárias clandestinas foi de 13,03 e 5,71, já para as amostras comerciais foi de 13,02 e 10,80. A distribuição dos resultados de pH e das concentrações de cloro ativo (%), foi apresentada através da figura 7, onde são representadas a mediana, o primeiro e terceiro quartis dos dados, o maior e menor valor, a média e a dispersão dos dados, incluindo valores discrepantes “outliers”.

Figura 7 - Gráficos de Box-Plot para a concentração de cloro ativo (A) e pH (B) de amostras de água sanitária comercial e clandestina



Fonte: Os autores (2023).

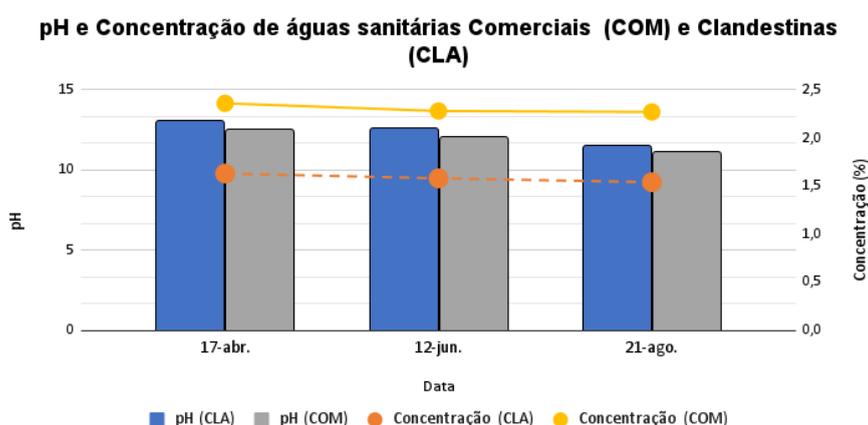
A figura 7A demonstra que a maioria da distribuição dos valores de concentração para as amostras comerciais estão entre 1,82 % e 2,57 % de cloro ativo. Já para as amostras clandestinas o intervalo é maior, entre 0,81 % e 1,86 %, com alguns pontos discrepantes “outliers” fora desta distribuição. Quanto ao pH, a figura 7B apresenta que a distribuição das amostras comerciais foi de 11,45 a 12,53, já as clandestinas foi de 10,95 a 12,09, com maior variação de distribuição e um “outlier”, representado pela amostra n° 20 com o menor valor de pH (5,71 - tabela 1).

A maioria das amostras comerciais apresentaram concentrações de cloro ativo fora do intervalo estabelecido pela RDC N° 698 = 2,0 a 2,5 % p/p, porém, a diferença é pequena, exceto duas amostras (7 e 9), com teor de cloro ativo abaixo e acima do estabelecido, respectivamente. Quanto às amostras clandestinas, a maioria apresenta concentração menor, sendo 11 amostras muito abaixo e uma muito acima. Isso mostra que a comercialização clandestina de água sanitária não obedece aos padrões da ANVISA. Em relação às amostras comerciais aquelas que apresentaram menor concentração possuem uma data de fabricação mais antiga, justificando as baixas concentrações pelo decaimento de cloro ativo. (Brasil, 2022. COSTA; SILVAS; CASTRO. 2015)

Os principais fatores que afetam a concentração de cloro ativo nas amostras clandestinas, podem estar relacionados ao decaimento, a ausência de agentes de estabilização, a diluição feita pelo fabricante e o pH (SALAMI, 2008; BORIN, 2006). Assim, foi possível observar através dos resultados, que as amostras com baixos teores de cloro ativo apresentam, na maioria, um pH ácido ou mais neutro do que o básico.

A Figura 8 apresenta o resultado das análises do decaimento de duas amostras de água sanitária, uma clandestina e uma comercial, que foi realizado utilizando o mesmo procedimento para determinação da concentração e pH, com intervalo de tempo total de quatro meses e análises feitas no intervalo de aproximadamente dois meses (17 de abr, 12 de jun e 21 de ago).

Figura 8 - pH e Concentração de cloro ativo (%) de amostras de água sanitária de origem comercial (COM) e clandestina (CLA) em função do tempo



Fonte: Os autores (2023).

A diminuição da concentração das duas amostras foi praticamente a mesma, a amostra comercial inicia com concentração de $2,36 \pm 0,02$ e termina com $2,27 \pm 0,01$ (redução de 3,82 %). Já a amostra clandestina começa com $1,63 \pm 0,04$ e finaliza com $1,54 \pm 0,04$ (redução de 5,52 %). Em relação ao pH a amostra comercial foi de 12,48 para 11,12, enquanto a água sanitária clandestina 13,03 para 11,49, apresentando uma diminuição maior.

Após a análise das 43 soluções de hipoclorito de sódio, apenas quinze amostras apresentaram valores de concentração adequados para uso e dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA. A maioria das amostras clandestinas apresentam valores abaixo do estabelecido, sendo assim ineficientes. Assim, estabelecer um controle maior das condições de armazenamento e de prazo de validade da água sanitária é fundamental para valores mais coerentes com a legislação. (Portal Tratamento de Água, 2017; BORIN, 2006).

As duas amostras apresentaram a mesma taxa de decaimento da concentração de cloro ativo, porém, a amostra clandestina apresentou maior decaimento do pH. Como as duas amostras foram armazenadas nas mesmas condições, provavelmente, um dos fatores que podem estar contribuindo para uma

queda maior do pH da água sanitária clandestina pode ser a possível ausência de agentes estabilizantes na formulação. (MARQUES, 2020).

Por fim, a concentração menor de cloro ativo do que aquela estabelecida pela ANVISA, torna a eficiência do produto menor. Por outro lado, níveis de cloro ativo acima dos limites permitidos podem resultar em intoxicações para o usuário e danos ao meio ambiente (SALAMI 2008). Assim, manter a concentração adequada dos produtos saneantes é fundamental para assegurar o uso seguro e eficaz da água sanitária, beneficiando a saúde e a segurança dos usuários.

3 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Conclui-se, portanto, que as amostras de água sanitária clandestinas apresentam potencial de lesar o consumidor em função de suas concentrações impróprias de acordo com a legislação. De modo geral, a maioria das amostras clandestinas apresenta teor abaixo do que institui a RDC nº 698 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Tal fato é demonstrado pelo intervalo de concentrações de saneantes clandestinos, entre 0,81% e 1,86%. Além disso, uma pequena parcela das clandestinas apresentou concentração maior do que a legislação permite, pondo em risco a saúde do usuário e o meio ambiente.

As amostras de água sanitária comercial apresentam intervalos mais confiáveis de cloro ativo, 1,82% e 2,57%, embora, alguns resultados estejam fora da legislação, o número destes são expressivamente menores em relação às clandestinas. Ademais, em se tratando do pH, ambas amostras mantiveram-se abaixo do máximo definido pela legislação. Outrossim, as amostras clandestinas apresentaram pH ligeiramente maior que as comerciais.

Por fim, em relação ao decaimento das duas amostras, as variações dos teores apresentaram uniformidade em ambas. A amostra comercial, iniciada dentro da legislação, manteve-se dentro dela até o fim da análise. Já a amostra clandestina, iniciada fora do estipulado pela lei, manteve-se, naturalmente, fora dela.

4 REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. C. de. **Determinações iodométricas**. Revista Chemkeys, Campinas, SP, n. 2, p. 1–6, 2018. DOI: 10.20396/chemkeys.v0i2.9623. Disponível em: <<https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/chemkeys/article/view/9623>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BORIN, Grazielle et al. **Análise da concentração e do pH de diferentes soluções de hipoclorito de sódio encontradas no mercado**. Stomatos, v. 12, n. 23, p. 29-34, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 698, DE 13 DE MAIO DE 2022. [Dispõe sobre os produtos saneantes categorizados como água sanitária e seu registro]. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2022.

COSTA, Antony M.; SILVAS, Bruno P. C.; CASTRO, Ruan R. O. **Análise da concentração de cloro livre, cloro total, pH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecidos pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba/pr**. 2015. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

LUCCA, Lourenço. **Controle de qualidade do Hipoclorito de Sódio no Processo de Produção**. 2006. Relatório final (Graduação em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MARQUES, Alfredo. **A química da água sanitária**. Ligados pela Química - DQ/UFPR, 2020. Disponível em: <[PEREIRA, Rebeca Maria Vieira; PORTELA NETO, Aloísio José; SILVA, Myllena Torres; FEITOSA, Giselle Torres; OLIVEIRA, Francílio de Carvalho; FERRAZ, Maria Ângela Arêa Leão; FALCÃO, Carlos Alberto Monteiro; FALCÃO, Lucas Fernandes; FALCÃO, Daniel Fernandes. **Análise do Teor de Cloro Ativo e pH de Soluções de Hipoclorito de Sódio**. Rev Odontol Bras Central, 2020; 29\(88\): 6-9. DOI 10.36065/robrac.v29i88.1400. Disponível em: <<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/03/1151848/1400-texto-principal-10839-210-20200911.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2023.](http://www.quimica.ufpr.br/paginas/lpq/a-quimica-da-aguasanitaria/#:~:text=No%20Brasil%20%C3%A9%20conhecida%20como,uma%20solu%C3%A7%C3%A3o%20concentrada%20de%20NaOH.>>. Acesso em: 20 fev. 2023.</p></div><div data-bbox=)

Portal Tratamento de Água, 2017. **Manual das águas sanitárias** – Guia completo sobre este produto. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/manualdas-aguas-sanitarias>. Acesso em: 27 de out. de 2023.

SALAMI, Fernanda Helena. **Determinação espectrofotométrica de hipoclorito em alvejantes e cloro em águas de abastecimento empregando sistema em fluxo por multicomutação e células convencional e de longo caminho óptico**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

TEIXEIRA, Maria Suely Braga. **Avaliação do Teor de Cloro Ativo em Diferentes Marcas de Águas Sanitárias**. Orientador: Antonio Carlos Magalhães. 2016. 50 f. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Química Analítica e Físico Química, Curso de Bacharelado em Química, Fortaleza, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35654>>. Acesso em: 19 fev. 2023.

TKÁČOVÁ, Jana; BOŽÍKOVÁ, Jarmila. **Determination of Chlorine Dioxide and Chlorite in Water Supply Systems by Verified Methods**. Slovak Journal of Civil Engineering, Vol. 22, 2014, No. 2, 21 – 28. DOI: 10.2478/sjce-2014-0010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/270264641_Determination_of_Chlorine_Dioxide_and_Chlorite_in_Water_Supply_Systems_by_Verified_Methods>. Acesso em: 19 fev. 2023.

VOGEL, Arthur Israel *et al.* **VOGEL - ANÁLISE QUÍMICA QUANTITATIVA**. 6ª ed. Londres: LTC, 2002. p. 238 – 244.