



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA BACHARELADO

LARA DIAS LIMA

ESTUDO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO NA
INDÚSTRIA DE SANEANTES

FORTALEZA

2018

LARA DIAS LIMA

**ESTUDO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO NA
INDÚSTRIA DE SANEANTES**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Química do Departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química com habilitação em Química Industrial.

Orientadora Pedagógica: Prof^a. Dr^a. Elisane Longhinotti.

Orientadora Profissional: Adriana Garcez.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L698e Lima, Lara Dias.
Estudo da Metodologia de Análise de Hipoclorito de Sódio na Indústria de Saneantes / Lara Dias Lima.
– 2018.
37 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Química, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Elisane Longhinotti.
1. Metodologia de Análise. 2. Hipoclorito de Sódio. I. Título.

CDD 540

LARA DIAS LIMA

**ESTUDO DA METODOLOGIA DE ANÁLISE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO NA
INDÚSTRIA DE SANEANTES**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Química do Departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química com habilitação em Química Industrial.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Elisane Longhinotti (Orientadora Pedagógica)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Adriana Garcez (Orientadora Profissional)
Química Responsável – Tecnoquímica Indústria e Comércio Ltda.

Prof. Dr. Marcos Carlos de Mattos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus.

Aos meus pais, José Everardo e Márcia Dias.

AGRADECIMENTOS

A Prof^ª. Dr^ª. Elisane Longhinotti e a Adriana Garcez pela excelente orientação.

Ao examinador da banca Prof. Dr. Marcos Carlos de Mattos pelo tempo, valiosas colaborações e sugestões durante todo o período da graduação.

Aos colegas do laboratório da Química Brasil, Agda, Jamilly e Rebeca, pela colaboração no trabalho, sugestões, reflexões, críticas e companheirismo recebido.

Aos colegas da faculdade, por todo o apoio, compreensão e carinho em todos os momentos da graduação.

Por fim, agradeço a todos que colaboraram de alguma maneira na realização deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se estudar a matéria-prima hipoclorito de sódio no que diz respeito às suas possíveis metodologias de análises, visando estabelecer a mais viável em termos de gastos de reagentes e redução de tempo para a indústria na qual o estágio foi realizado, Química Brasil. Além disso, buscou-se realizar um estudo dos fatores que afetam a decomposição do hipoclorito de sódio, levando em conta possíveis medidas de melhorias que possam se adequar ao controle de qualidade da empresa. A indústria de domissanitários busca oferecer conformidade e segurança nos produtos oferecidos, sendo controlada por diversos órgãos fiscalizadores, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a qual estabelece parâmetros e diretrizes de análises, normas de funcionamento, boas práticas de fabricação, dentre outras. No que diz respeito aos produtos à base de hipoclorito de sódio, os regulamentos são bem específicos, indicando valores máximos e mínimos para a comercialização dos produtos, logo, os cuidados e diretrizes relacionados à essa matéria-prima devem ser estabelecidos e seguidos à risca, trazendo à tona a necessidade de estudos específicos e direcionados de acordo com as particularidades de cada indústria. As análises e estudos de acompanhamento seguiram-se baseadas em volumetria de oxidação-redução, sendo os dados obtidos via titulação com tiosulfato de sódio. A metodologia mais adequada para a indústria foi a caracterizada pela diluição 10% da amostra de hipoclorito considerando tempo de repouso antes da titulação. No caso do estudo de acompanhamento da instabilidade de hipoclorito, o mesmo foi realizado em dias consecutivos, sendo possível obter dados que confirmam que a temperatura é um fator determinante na decomposição. Assim, temperaturas mais amenas na armazenagem do hipoclorito é aconselhável. Outro fator que se mostrou importante na decomposição do hipoclorito foi a concentração, sendo o processo mais acentuado em concentrações iniciais mais elevadas. Dessa forma, foi possível estabelecer algumas medidas de diminuição e/ou correção dos fatores determinantes na decomposição da matéria-prima.

Palavras chaves: Metodologia de análise. Hipoclorito de sódio.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the sodium hypochlorite raw material with respect to its possible methodologies of analysis, aiming to establish the most viable in terms of reagent costs and time reduction for the industry in which the curricular stage was carried out, Química Brasil. In addition, a study was made of the factors that affect the decomposition of sodium hypochlorite, considering possible measures of improvements that may be adequate to the quality control of the company. The household cleaning industry seeks to offer compliance and safety in the products offered, being controlled by several inspection agencies, such as the National Sanitary Surveillance Agency, which establishes parameters and guidelines for analysis, operating standards, good manufacturing practices, among others. As regards sodium hypochlorite products, the regulations are very specific, indicating maximum and minimum values for the marketing of the products, so the care and guidelines related to this raw material must be established and followed strictly, bringing to the fore the need for specific studies and directed according to the particularities of each industry. The analyzes and follow-up studies were based on oxidation-reduction volumetry, and the data were obtained by titration with sodium thiosulphate. The most suitable methodology for the industry was the 10% dilution of the hypochlorite sample considering the rest time before titration. In the case of the hypochlorite instability follow-up study, it was carried out on consecutive days, and it was possible to obtain data confirming that temperature is a critical factor, advising milder temperatures in hypochlorite storage as well as the decomposition of hypochlorite be more accentuated at higher initial concentrations. In this way, it was possible to establish some measures of reduction and correction of the critical factors in the decomposition of the raw material.

Keywords: Analysis methodology. Sodium hypochlorite.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de Frost para espécies de cloro	19
Figura 2 – Esquemas representativos das reações envolvidas no processo de desinfecção	20
Figura 3 – Variações de cor durante a titulação utilizando o amido como indicador	24
Figura 4 – Imagem da amostra de Hipoclorito de Sódio utilizada para os testes	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados obtidos nas diferentes titulações de hipoclorito de sódio com tiosulfato de sódio 0,1N como titulante	29
Tabela 2 – Valores obtidos de concentração de cloro ativo (g/L) para cada dia de análise	32
Tabela 3 – Valores obtidos de concentração de cloro ativo (g/L) para cada dia de análise em cada temperatura	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de instabilidade da concentração de cloro ativo (g/L) em função do tempo em dias	32
Gráfico 2 – Gráfico comparativo das concentrações de cloro ativo (g/L) durante os cinco dias de análise	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Saneantes	15
2.1.1 Química Brasil	16
2.1.2 Produtos à base de hipoclorito	17
2.2 Cloro	17
2.3 Hipoclorito de Sódio	18
2.3.1 Ação de Desinfecção	19
2.3.2 Estabilidade do Hipoclorito	21
2.3.2.1 Efeito do pH	21
2.3.2.2 Efeito da Concentração Inicial	21
2.3.2.3 Efeito da Temperatura	22
2.3.2.4 Efeito da Luminosidade	22
2.4 Titulometria	22
2.4.1 Iodometria e Iodimetria	23
3 OBJETIVOS	25
3.1 Objetivo geral	25
3.2 Objetivos específicos	25
4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	26
4.1 Obtenção da amostra de hipoclorito de sódio	26
4.2 Reagentes utilizadas nas análises	26
4.3 Preparo da solução indicadora de amido 1% (m/v)	26
4.4 Análise Química do hipoclorito de sódio	26
4.5 Cálculo do teor de cloro livre	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Estudo Comparativo de Metodologias de Análises	28
5.2 Estudo da Instabilidade da Solução de Hipoclorito de Sódio	31
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A indústria de domissanitários é um ramo que se encontra em crescente expansão e desenvolvimento, onde os saneantes, popularmente conhecidos como produtos de limpeza, estão em todos os ambientes, mostrando-se essenciais para saúde e bem-estar da população. Assim como em toda indústria química, o controle de qualidade dos produtos saneantes é extremamente importante para o funcionamento adequado da empresa e sua credibilidade no mercado. Controle de qualidade pode ser definido como um sistema que define padrões, procedimentos e ações de maneira uniforme, considerando o grau de satisfação do consumidor final e de todos os envolvidos no processo, respeitando as normas técnicas e legislações vigentes. (KERDNA,200-)

Para garantir a conformidade dos produtos e serviços oferecidos na indústria de domissanitários, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece parâmetros que regem as ações do controle de qualidade. Em consequência, o mesmo realiza rigorosas análises de cada lote de matéria-prima adquirida, bem como exige analistas qualificados, instalações e equipamentos adequados, os quais em conjunto garantem segurança e excelência para os produtos fornecidos.

Diante da variedade de produtos de limpeza existentes, destacam-se os produtos clorados, ou seja, produtos à base de hipoclorito de sódio, que possuem formulações desenvolvidas para lavagem e remoção de sujidades em geral. Esses produtos podem ser indicados para lavagens industriais de superfícies, equipamentos e/ou tecidos, mostrando-se extremamente versáteis em suas aplicações.

A Química Brasil é uma empresa de produção e distribuição de produtos e serviços no segmento de saneantes. Localizada no município de Eusébio – Ceará, a empresa possui uma ampla gama de produtos, voltando-se principalmente para limpeza e higiene profissional nos mais diversos segmentos, desde domiciliar a hospitalar. Os produtos clorados destacam-se como carro chefe da empresa, correspondendo a 20,17% do faturamento mensal. Para cada lote de produto fabricado, as matérias-primas são avaliadas minuciosamente, sendo realizadas análises de controle de qualidade seguindo a metodologia de análise para cada componente, principalmente o hipoclorito de sódio, o componente ativo das formulações. Após análises rigorosas, o lote da matéria-prima recebido é aprovado, sendo liberado para utilização no processo de fabricação dos produtos.

Tendo em vista a imprescindível atuação do controle de qualidade na caracterização do produto final, é de grande importância que as metodologias utilizadas pelo laboratório se encontrem adequadas para caracterizar os componentes de cada formulação, bem como satisfazer as necessidades particulares da empresa, principalmente no que diz respeito à diminuição de gastos e redução de tempo.

O objetivo de estudo do presente trabalho foi a matéria-prima hipoclorito de sódio, essencial na fabricação dos produtos clorados. Buscou-se analisar a metodologia já aplicada pelo controle de qualidade, estudando as variáveis que afetam a estabilidade desse composto, bem como analisar possíveis melhorias viáveis ao processo, otimizando tempo de análise e gastos de reagentes. Além disso, foi realizado um estudo da instabilidade da solução de hipoclorito de sódio, buscando entender quais fatores afetam, possibilitando viabilizar informações importantes a respeito da qualidade do produto armazenado e de sua posterior adição às formulações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Saneantes

De acordo com a ANVISA (BRASIL, 2001), saneantes são “substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção ou desinfestação domiciliar, em ambientes coletivos e/ou públicos, em lugares de uso comum e no tratamento de água, compreendendo: detergentes e seus congêneres; alvejantes; desinfetantes; desodorizantes; esterilizantes; algicidas para piscinas; fungicidas para piscinas; desinfetante de água para consumo humano; água sanitária; produtos biológicos; inseticidas; raticidas; jardinagem amadora; repelentes.”

A fiscalização dos saneantes é realizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a qual atua nos fabricantes, distribuidores, importadores, exportadores e transportadores de saneantes, inspecionando as empresas de acordo com as normas técnicas e legislações pertinentes pré-estabelecidas.

Em termos de finalidade, os saneantes podem ser classificados como:

- a) limpeza geral e afins;
- b) desinfecção, esterilização, sanitização, desodorização além de desinfecção de água para consumo humano, hortifrutícolas e piscinas;
- c) desinfestação;
- d) tira manchas.

A Resolução-RDC nº 59, de 17 de novembro de 2010 dispõe sobre os procedimentos e requisitos técnicos para a notificação e o registro de produtos saneantes e dá outras providências. A RDC tem por objetivo padronizar, estabelecer definições e características gerais dos saneantes, assim como apresentar os requisitos técnicos para a notificação e o registro de produtos, embalagem e rotulagem.

A ANVISA (BRASIL, s/d b) classifica os saneantes quanto ao risco, especificando certas condições para tal. Os produtos saneantes chamados de Risco 1, como amaciantes, detergentes, ceras para pisos, sabões, dentre outros, são aqueles que:

- a) o valor de pH na forma pura, à temperatura de 25°C, seja maior que 2 ou menor que 11,5;

b) não apresentem características de corrosividade, atividade antimicrobiana, ação desinfestante e não sejam à base de microrganismos viáveis;

c) não contenham em sua formulação um dos seguintes ácidos inorgânicos:

- fluorídrico (HF);

- nítrico (HNO₃);

- sulfúrico (H₂SO₄);

- sais derivados que os liberem nas condições de uso do produto.

Os produtos são classificados de Risco 2, como por exemplo desinfetantes, água sanitária, desinfestante, fungicida, desincrustante, entre outros, quando:

a) o valor de pH na forma pura, à temperatura de 25°C, seja menor que 2 ou maior que 11,5;

b) apresentem características de corrosividade, atividade antimicrobiana, ação desinfestante e não sejam à base de microrganismos viáveis;

c) contenham em sua formulação um dos seguintes ácidos inorgânicos:

- fluorídrico (HF);

- nítrico (HNO₃);

- sulfúrico (H₂SO₄);

- sais derivados que os liberem nas condições de uso do produto.

2.1.1 tQuímica Brasil

A tQuímica Brasil é uma empresa fundada em 2001 que produz e distribui produtos e serviços no segmento de saneantes, buscando aprimorar a qualidade de seus produtos, voltados principalmente para limpeza e higiene profissional nos mais diversos segmentos, desde domiciliar a hospitalar. Dentre os diversos produtos formulados pela empresa existe o grupo de produtos clorados, voltados principalmente para limpeza de lavanderias e sujidades pesadas, nas quais o princípio ativo de suas formulações é o hipoclorito de sódio, o qual é

produzido externo à indústria em questão, chegando ao controle de qualidade com porcentagens de cloro ativo entre 10 a 13%, de modo a caracterizar um produto final com porcentagens entre 1,5 a 2,5%.

De modo geral, para cada lote de matéria-prima que adentra na empresa, é recolhida uma amostra diretamente dos tambores, sendo enviado para o laboratório de controle de qualidade para inspeção de suas características físico-químicas, analisando se o lote se encontra nos padrões mínimos requisitados pela empresa. No laboratório são realizadas diversas análises, como: aspecto, odor, cor, pH, índice de refração, densidade, viscosidade, determinação de cloro ativo, dentre outras. Mediante aprovação, o lote é liberado para que possa ser utilizado no processo de produção dos produtos de acordos com suas respectivas formulações. Após cada produção, uma amostra de cada lote também é enviada ao laboratório a fim de analisar se suas características específicas estão adequadas para que possam ser liberadas para envase, rotulagem e expedição.

2.1.2 Produtos à base de hipoclorito

A Resolução-RDC N° 109, de 06 de setembro de 2016 dispõe sobre o “regulamento técnico para produtos saneantes categorizados como alvejantes à base de hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio e dá outras providências.”

No caso específico dos produtos oferecidos pela empresa tQuímica, observa-se o enquadramento no artigo 4º, tópico II, de alvejante à base de hipoclorito como:

[...] solução aquosa com a finalidade de alvejamento e/ou desinfecção, cujo ativo é o hipoclorito de sódio ou de cálcio, com teor de cloro ativo entre 2,0 e 2,5% p/p, podendo conter estabilizantes, corantes, fragrâncias, sequestrantes e/ou tensoativos em sua formulação [...]

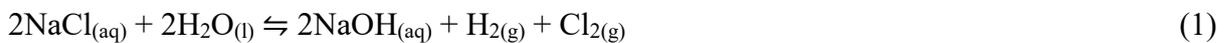
Além disso, algumas diretrizes também podem ser obtidas, como a exposta no artigo 5º, que caracteriza esses produtos como de risco 2 (produtos que possuam pH, na forma pura, menor ou igual a 2 e maior ou igual a 11,5, bem como apresentem características de corrosividade e atividade antimicrobiana) e exige, por conseguinte, todos os laudos regidos pelo regulamento por laboratórios oficiais.

2.2 Cloro

O cloro é caracterizado como um gás amarelo esverdeado, tóxico, de odor forte e característico. A atribuição de sua descoberta foi dada ao químico sueco Carl William Sheele,

em 1774, através de experiências que possibilitaram a obtenção de gás cloro através de uma reação do mineral pirolusita (rico em dióxido de manganês) com ácido clorídrico (HCl). Além disso, em suas experimentações, Sheele observou que soluções aquosas de cloro possuíam alto poder branqueador, uma de suas características mais marcantes.

Industrialmente, o cloro pode ser obtido através de cloretos, pela ação de agentes oxidantes, ou pela eletrólise, sendo esta a mais comum. Na eletrólise, o cloro é produzido pela passagem de corrente elétrica em solução de salmoura gerando, além do cloro, soda cáustica (hidróxido de sódio) ou potassa cáustica (hidróxido de potássio) e gás hidrogênio (H₂). A reação (1) representa a química envolvida nesse processo.



O cloro está bastante presente no cotidiano sendo associado, principalmente, à água. Devido ao seu poder bactericida, o mesmo é utilizado no tratamento de água e saneamento básico desde 1908, no Brasil.

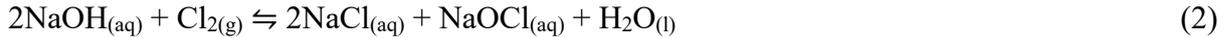
Normalmente o cloro comercial é obtido através de soluções aquosas, as quais são amplamente utilizadas no setor de limpeza. Um dos grupos mais característicos são os hipocloritos. Os hipocloritos são advindos do ácido hipocloroso (HClO), o qual por sua vez, advém da rápida hidrólise do gás cloro em água, possuindo alto poder oxidante e desinfetante. (FUKAYAMA, *et al*, 1986)

O termo hipoclorito abrange diferentes compostos, dentre eles o hipoclorito de cálcio (Ca(ClO)₂) e hipoclorito de sódio (NaClO), sendo este um dos mais conhecidos e utilizados nas indústrias de saneantes.

2.3 Hipoclorito de Sódio

Historicamente, o hipoclorito de sódio recebeu grande impulso em seu uso na desinfecção e limpeza com os estudos de Antonie-Germain Labarraque, um químico francês que formulou uma solução de hipoclorito de sódio amplamente utilizada como desinfetante e desodorizante, em meados de 1820. (BORIN, *et al*, 2007)

O hipoclorito de sódio se caracteriza como um líquido amarelado de odor característico, sendo obtido através da reação do cloro (Cl₂) com uma solução diluída de soda cáustica, de acordo com a reação (2).

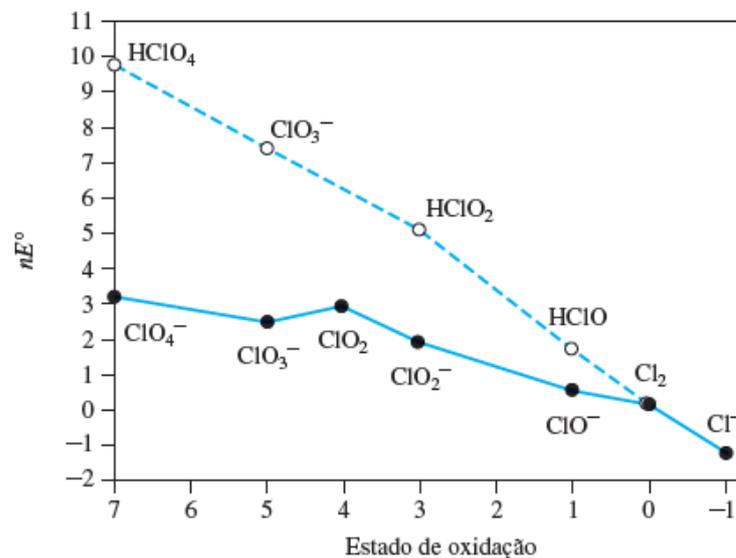


Na água, os íons de hipoclorito se hidrolisam, tornando o meio ácido e formando o ácido hipocloroso (HClO), o qual possui alto poder oxidante e é dito o responsável pela característica de alvejamento. Além disso, como pode ser analisado pela reação (3), observa-se que a constante de dissociação do ácido hipocloroso é baixa, assim, compostos clorados são mais efetivos em pH relativamente baixos quando a presença do ácido ainda é predominante e sua ação sanitizante pode ser considerada efetiva.



Através de análise do Diagrama de Frost (Figura 1), é possível entender melhor as reações apresentadas anteriormente. De acordo com o diagrama, o desproporcionamento de Cl_2 para Cl^- e OCl^- em solução básica é esperado. A mudança de energia livre de Cl_2 para OCl^- é positiva, porém Cl_2 para Cl^- é negativa e maior em magnitude, gerando uma variação líquida de energia livre negativa, assim, a reação de desproporcionamento é espontânea. (MIESSLER et al, 2014, p.307)

Figura 1 – Diagrama de Frost para espécies de cloro.



Fonte: MIESSLER et al, 2014, p. 307.

Legenda: Para a linha tracejada tem-se as soluções ácidas e para a contínua tem-se as soluções básicas.

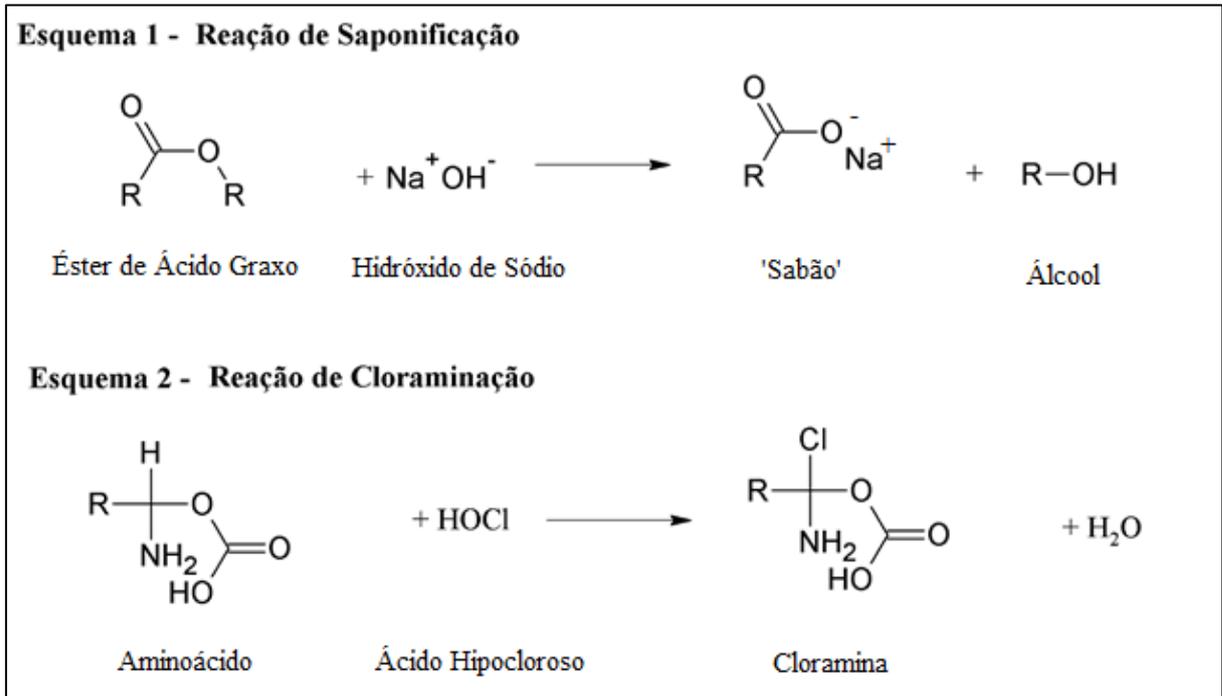
2.3.1 Ação de Desinfecção

Com respeito a desinfecção, os mecanismos de ação do hipoclorito de sódio são realizados através da reação de equilíbrio entre íons hipoclorito, ácido hipocloroso e hidróxido

de sódio seguindo a reação (4) e Figura 2.



Figura 2 – Esquemas representativos das reações envolvidas no processo de desinfecção.



Fonte: Autor.

A partir dos esquemas, é possível observar que o hipoclorito de sódio atua como solvente inorgânico, degradando ácidos graxos, gerando sais de ácidos graxos e álcool, gerando ‘sabão’, que atua como tensoativo, reduzindo a tensão superficial da solução restante (Esquema 1– Figura 2).

O ácido hipocloroso, quando em contato com tecidos orgânicos, atua como solvente, liberando cloro, que ao se combinar com o grupo amino da proteína, gera a cloramina (Esquema 2 – Figura 2), levando à degradação dos aminoácidos e sua hidrólise. A reação de cloraminação promovida interfere fortemente no metabolismo celular, pois o cloro acarreta uma oxidação irreversível, inibindo as enzimas bacterianas. (NELSON, COX, 2014, p.214)

Além disso, a efetividade da ação antimicrobiana do hipoclorito de sódio é fundamentada em seu elevado pH. Como afirma AMABIS et al (2006, p. 76), “[...] cada enzima tem um pH ótimo de atuação, a qual sua atividade é máxima. Fora dessa faixa de pH, a enzima deixa de funcionar adequadamente. O pH ótimo, para a maioria das enzimas

celulares, situa-se ao redor de 7, próximo ao neutro.”

Nesse sentido, foi estudado e concluído que, em condições de elevado pH, assim como em casos de baixo pH, a atividade enzimática das bactérias é inibida, seja através das alterações de gradiente durante os transportes de nutrientes que ocorrem através da membrana plasmática, alterações biossintéticas no metabolismo celular ou ainda na degradação de fosfolípidos. (ESTRELA, C. et al, 1994, p.31-38)

Devido à essas características, o hipoclorito de sódio comercial é utilizado nos tratamentos de água (pré-cloração e pós-cloração) para desinfecção, tratamento de efluentes, limpeza e higiene de frutas, legumes e verduras podendo, ainda, atuar como fungicida e eliminador de odores. (BOTH, *et al*, 2009)

2.3.2 Estabilidade do Hipoclorito

Cloro livre é definido como o somatório das espécies que contém o átomo de cloro em estados de oxidação “0” ou “+1”. Em soluções ácidas, o cloro livre estará presente quase inteiramente como Cl_2 e HOCl , porém em soluções diluídas (com pH menos ácido) o cloro residual livre estará presente majoritariamente como uma mistura de HOCl e OCl^- . Já nas soluções alcalinas de hipoclorito de sódio, estará presente somente o íon OCl^- , sendo possível admitir, nessas condições, que o cloro livre é igual à concentração do íon hipoclorito (OCl^-). (HACKÁGUAS 2015)

O hipoclorito de sódio se apresenta como um produto instável, se decompondo facilmente, reduzindo sua concentração de cloro livre. O NaOCl pode ser degradado pela luz, temperatura, concentração, ar, acúmulo de matéria orgânica, metais e outros contaminantes. (GAMBARINI et al., 1998)

2.3.2.1 Efeito do pH

A alcalinidade possui grande efeito na estabilidade das soluções em geral. Logo, as soluções de hipoclorito normalmente tendem a possuir uma quantidade residual de soda cáustica de modo que a mesma atue como agente estabilizante. (GAMBARINI et al., 1998)

2.3.2.2 Efeito da Concentração Inicial

Soluções mais diluídas, com menos concentrações de hipoclorito de sódio, tendem a se

decompor mais lentamente, enquanto que quanto maior a concentração, maior será a decomposição inicial. (GAMBARINI et al., 1998)

2.3.2.3 *Efeito da Temperatura*

A temperatura é um dos fatores essenciais na decomposição dessa solução pois envolve não somente a temperatura utilizada na produção do hipoclorito, mas também de sua estocagem. Como a reação do cloro com o hidróxido de sódio é altamente exotérmica, sua produção deve ser feita sob resfriamento, bem como deve ser armazenado em local arejado e de temperaturas amenas. (GAMBARINI et al., 1998)

2.3.2.4 *Efeito da Luminosidade*

A luz também pode afetar a decomposição dos produtos, acelerando a mesma. Por esse motivo, deve-se evitar a exposição das bombonas e frascos contendo a solução de hipoclorito de sódio à luz solar, seja no transporte como no armazenamento.

2.3.2.5 *Efeito dos Metais*

Metais como cobre e ferro podem ser considerados contaminantes por favorecerem a decomposição do hipoclorito de sódio. À exemplo, estando o ferro presente em solução, através da reação 5, ocorre o consumo de oxigênio, formando o óxido de ferro. Essa reação afeta o equilíbrio da reação 6, pois provoca um deslocamento no sentido de produção de oxigênio e consumo do hipoclorito de sódio, diminuindo seu teor no meio.



Essa decomposição, além de ser desfavorável por diminuir o teor de ativo do hipoclorito, também gera problemas relacionados à pressão tanto na produção quanto na armazenagem. (GAMBARINI et al., 1998)

2.4 Titulometria

De acordo com Skoog (2006, p.320), a titulometria se inclui em um grupo de métodos analíticos que se baseiam na determinação da quantidade de um reagente de concentração conhecida que é necessário para que reaja completamente com o analito de interesse. As

reações são de estequiometria conhecida e reprodutível. A titulometria pode ser classificada como gravimétrica ou volumétrica, sendo na primeira relacionada à massa do reagente e na segunda o volume de solução.

No caso da titulação volumétrica, um certo volume de solução padrão é adicionado à bureta enquanto que a reação entre o padrão e o analito ocorre no erlenmeyer, sendo o ponto de equivalência (momento em que as concentrações do titulante e do titulado atingem as proporções estequiométricas) normalmente definido pela variação da cor do indicador aplicado. (SKOOG, P.320-321)

2.4.1 Iodimetria e Iodimetria

O sistema iodo-iodeto constitui um sistema com potencial padrão intermediário ($E^\circ = 0,535V$), logo pode ser utilizado para oxidar substâncias fortemente redutoras ou reduzir substâncias fortemente oxidantes. Por esse motivo, duas técnicas que aplicam esse sistema são conhecidas: iodimetria (método direto) e iodometria (método indireto).

Na iodimetria, tem-se o uso de uma solução padrão de iodo (I_2) preparada através da dissolução do iodo em solução aquosa de iodeto de potássio (KI) devido à baixa solubilidade do mesmo em água, produzindo, assim, os íons tri-iodeto (I_3^-) de acordo com as reações (7) e (8).



Na iodometria, tem-se um analito oxidante que é adicionado a um excesso de solução de íons iodeto (I^-), produzindo I_2 , que pode reagir com excesso de iodeto, gerando tri-iodeto. Esses íons são, então, titulados com uma solução padrão de tiosulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$), sendo estes reduzidos a íons iodeto de acordo com as reações (9) e (10). (SKOOG, 2006, p.531-532)



Normalmente o amido é utilizado como indicador nas titulações que envolvem o iodo, sendo na iodimetria adicionado no início da titulação e na iodometria adicionado próximo ao

ponto de equivalência. A aplicabilidade do amido está relacionada à sua sensibilidade de detecção em cerca de dez vezes maior em relação a cor do iodo (castanho). Com a adição do amido, na presença de excesso de tri-iodeto, o mesmo se apresenta com uma coloração azul-roxeada que se torna permanente (Figura 3). A coloração característica observada se deve à formação de complexos de adsorção das estruturas macromoleculares do amido (β -amilose e α -amilose) com o iodo na forma de tri-iodeto.



Figura 3 – Variações de cor durante a titulação utilizando amido como indicador.



Fonte: Imagem cedida via digital pela Universidade de York (Reino Unido).

Legenda: Da esquerda para direita, observam-se as mudanças de tonalidades durante a titulação, sendo a coloração final transparente.

Além disso, a detecção do ponto final é melhor visualizada quanto mais fria estiver a solução titulada e quão mais recente for preparada a solução de amido, que normalmente é utilizada em 0,5% ou 1%.

O ajuste de pH na iodometria é necessário, pois em meio alcalino, o tiosulfato pode ser convertido à sulfato (SO_4^{2-}). Além disso, em valores elevados de pH, o iodo reage com os íons hidróxido para formar iodeto e hipoiodito (extremamente instável), que por sua vez se decompõe em iodato e iodeto conforme reações (13) e (14). Por esses motivos, torna-se necessário um meio ácido para essa titulação.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Estudar a metodologia de análise concernente à matéria-prima hipoclorito de sódio, utilizada na empresa de saneantes Química Brasil, buscando melhorias da mesma, bem como adaptando a análise às necessidades do processo de produção da empresa.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Estudar a alteração de alterações na análise de hipoclorito de sódio, visando diminuir tempo e gasto de reagentes;
- ✓ Realizar estatística comparativa entre as diferentes alterações realizadas na metodologia;
- ✓ Realizar estudo da estabilidade do teor de cloro livre de hipoclorito de sódio, buscando estabelecer a relação entre os fatores que afetam a estabilidade da solução e como evitá-los durante o processamento da matéria-prima na empresa.

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1 Obtenção da amostra de hipoclorito de sódio

A amostra de hipoclorito de sódio foi obtida a partir de matéria-prima recém-fabricada (fabricação: 23/04/2018) advinda do fornecedor Cloronorte LTDA. A amostra utilizada foi a mesma para todas as análises, sendo as titulações realizadas dentro do mesmo dia e o estudo de instabilidade realizado dentro do período de onze dias. A amostra apresentou densidade de 1,18 g/mL e pH 12,64.

4.2 Reagentes utilizadas nas análises

Para as titulações iodométricas foram utilizados iodeto de potássio P.A.(Qhemis), amido solúvel P.A. (Dinamica), ácido sulfúrico P.A. (Synth) e solução de tiosulfato de sódio 0,1N (NUTEC). Todos os reagentes encontravam-se dentro do período de validade e apenas para a solução indicadora de amido 1% (m/v) foi necessário realizar o preparo.

4.3 Preparo da solução indicadora de amido 1% (m/v)

Foi adicionado 1,003 g de amido P.A. e 15 mL de água destilada. Em seguida, foi acrescida água destilada à 100°C suficiente para completar 100 mL de solução, mantendo em ebulição até que a solução se apresentasse transparente. O preparo da solução foi realizado anteriormente ao início dos testes.

4.4 Análise tQuímica do hipoclorito de sódio

A metodologia de análise padrão utilizada para o hipoclorito de sódio se baseia em uma adaptação da NBR9425: Hipoclorito de Sódio – Determinação de cloro ativo – Método Volumétrico (ANVISA, 2005).

Consiste em adição de 2,0 g de iodeto de potássio P.A. em erlenmeyer de 250 mL. Em seguida, adiciona-se cerca de 30 mL de água destilada e 5 mL de ácido sulfúrico 0,2N. Posteriormente, adiciona-se 1,5 mL da amostra no erlenmeyer, seguido de adição de água para completar 50 mL. Após o preparo da amostra, a mesma é titulada com solução padrão de tiosulfato de sódio 0,1N, sendo as titulações realizadas em triplicata.

4.5 Cálculo do teor de cloro livre

Para cálculo do teor de cloro livre, utiliza-se a equação abaixo, a qual se apresenta simplificada, evitando gasto de tempo na determinação dos resultados.

$$\% \text{ Cl} = \left[\frac{(A \times N \times 0,03546)}{V \times d} \right] \times 100 \quad (15)$$

onde,

A = volume gasto da solução de tiosulfato de sódio na titulação;

N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio multiplicada por seu fator de correção;

V = volume de amostra de hipoclorito de sódio utilizado;

d = densidade da amostra de hipoclorito de sódio.

Sabe-se que a conversão de teor de cloro ativo para NaClO segue o cálculo abaixo:

$$\frac{\text{NaClO}}{\text{Cl}_2} = \frac{74,5}{71,0} = 1,049 \quad (16)$$

Para cálculos estatístico, tem-se o cálculo do desvio padrão e do coeficiente de variância (CV) ou desvio-padrão relativo percentual:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (17)$$

onde,

S = desvio-padrão;

N = número de amostras;

X_i = valor experimental da amostra;

\bar{X} = valor médio das amostras.

$$CV = \frac{S \times 100}{\bar{X}} \quad (18)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estudo Comparativo de Metodologias de Análises

Inicialmente, foram realizados quatro testes de titulação, em que se alteravam alguns parâmetros da metodologia padrão Química, buscando evidenciar qual metodologia final apresentaria resultados com menores desvios padrões, gerando maior confiabilidade, concomitantemente apresentando menores gastos de reagentes e, se possível, com redução do tempo. Os testes realizados foram: titulação com amostra pura de hipoclorito; amostra a partir de solução diluída 10% de hipoclorito; amostra pura com tempo de repouso reacional e amostra pura com adição de solução indicadora de amido 1%.

Os testes foram realizados com a mesma amostra datada do dia 27 de abril de 2018 (Figura 4) e seus resultados podem ser observados através da Tabela 1.

Figura 4 – Imagem da amostra de hipoclorito de Sódio utilizada para os testes.



Fonte: Autor (2018).

Tabela 1 – Dados obtidos nas diferentes titulações de hipoclorito de sódio com tiosulfato de sódio 0,1N como titulante.

Teste 1	Volume de Na ₂ SO ₃ (mL)	Teor de NaClO (%)	Teor de Cloro (%)	Teor de Cloro Médio	Desvio Padrão	Tempo Completo de Análise
Amostra Solução Diluída 10%	5,2	11,03	10,51	10,51%	0	~ 27 min
	5,2	11,03	10,51			
	5,3	11,26	10,73			
Amostra Pura	53,9	11,43	10,89	10,91%	0	~ 29 min
	54,1	11,47	10,93			
	54	11,45	10,91			
Amostra Pura com Repouso (5 minutos)	52,2	11,07	10,55	10,52%	7,071 x 10 ⁻³	~ 35 min
	51,9	11,01	10,49			
	52,1	11,05	10,53			
Amostra Pura com Solução Indicadora de Amido 1%	53,7	11,38	10,85	10,87%	7,071 x 10 ⁻³	~ 60 min
	54,2	11,50	10,96			
	53,5	11,34	10,81			

Fonte: Autor (2018).

Os testes apresentados acima demonstraram um baixo valor de desvio padrão, incluindo desvio padrão de zero, o que demonstra uma variação muito pequena dos valores individuais das repetições das titulações se comparadas com a média desses valores. Além disso, em termos de coeficiente de variância, os valores apresentam-se com CV de zero, o que mostra a precisão para essas medidas, tendo em vista que a metodologia de análise baseada na volumetria é caracterizada por erros aditivos, desde preparo das soluções, até observação do ponto final pelo analista. Contudo, ainda as medidas que apresentaram variação podem ser consideradas válidas, pois o valor de cloro ativo desejado apresenta-se como uma faixa de concentração mínima/ideal para que possa ser utilizada nas formulações (entre 10% e 12%).

Outro ponto importante seria a importância de se obter o valor para o cloro ativo e não somente para o valor de NaClO na solução, pois os produtos clorados formulados apresentam como princípio ativo o cloro ativo em determinada proporção de acordo com a aplicação necessária do produto final. Assim, é válido que se obtenha um controle da quantidade de hipoclorito de sódio que deve ser adicionado à formulação para que se possa obter a porcentagem final de cloro ativo desejada no produto.

Analisando o binômio gasto de reagentes e tempo de execução, observam-se alguns detalhes importantes. De imediato, é possível analisar o volume gasto nas titulações em se

tratando da amostra pura (em quaisquer dos testes), gastando-se em torno de 50 mL no mínimo somente para uma análise. Como cada amostra deve ser analisada no mínimo em duplicata (podendo ser em triplicata caso apresente disparidades nos resultados iniciais), tem-se um gasto em torno de 100 mL a 150 mL, no mínimo. Essa análise, por si só, leva à conclusão de que uma amostra diluída seria ideal devido aos gastos de volume de tiosulfato de sódio se encontrarem em torno de dez vezes menor (em torno de 5 mL para cada análise). Além disso, considerando a precisão de uma bureta de 50 mL como sendo de 1/10, tem-se que os resultados apresentam erro volumétrico de apenas 0,1 mL para cada análise, corroborando os resultados esperados.

Para entendimento, em termos práticos, da redução de gasto de reagente (em se tratando apenas do tiosulfato de sódio) deve ser levado em consideração alguns fatores, como o de que o hipoclorito de sódio costuma apresentar entrada como matéria-prima cerca de uma vez a cada semana, sendo realizados testes de três tambores separadamente, em duplicata; a cada produção é revalidado o valor de cloro ativo inicial do hipoclorito, tendo em vista seu decaimento; e a cada novo lote de produto clorado são feitas análises pelo controle de qualidade, em duplicata, visando corroborar se o produto apresenta cloro ativo na faixa indicada pelo mesmo. Assim, enquanto que um frasco de tiosulfato de sódio de 1L pode vir a durar apenas uma semana, em se tratando de metodologia com amostra pura, para amostras previamente diluídas tem-se um aumento da expectativa desse reagente para cerca de três a quatro semanas, dependendo da demanda.

Dentre os testes com amostra pura, comparando a mesma com e sem tempo de repouso, foi observada certa diferença no valor de cloro ativo (0,39 % de diferença entre os valores das médias de ambos). Isso ocorre devido ao fato de que, com repouso, a solução pode acabar liberando iodo por volatilização (iodo presente em solução que ainda não está na forma de triiodeto que, por sua vez, diminui a volatilidade do iodo), diminuindo sua concentração. A diminuição de iodo a ser titulado com o tiosulfato, por consequência, diminui o valor final encontrado para cloro ativo na amostra. Contudo, ainda que a diferença não tenha sido significativa, admite-se que a metodologia com tempo de repouso é considerada necessária, tendo em vista que se apresenta como tempo mínimo para que as reações se processem.

Para amostra pura, com amido como indicador, observou-se maior tempo de análise (cerca de 60 minutos), o que é consequência do preparo da solução indicadora que deve ser recente. Ainda que se admita que o preparo da solução possa ser feito a cada semana,

previamente ao início das análises, não se observa necessidade da utilização do indicador devido à mudança clara de coloração da amostra antes da titulação até seu ponto final. Assim, em termos práticos e buscando minimizar os custos da análise, não foi observada utilidade obrigatória do amido, assim essa metodologia foi descartada. A variação obtida dessa análise para a amostra pura foi de aproximadamente 0,04 % do valor da média de ambas, o que pode ser explicado em termos da diferença de cor observada com a adição do amido, o que gera outra percepção visual do ponto final para o analista. Ainda que, como dito anteriormente, o amido apresente uma sensibilidade de detecção do ponto final maior que a cor característica da amostra (castanho), como a diferença não foi elevada, admite-se que titulação com a amostra pura apresenta confiabilidade.

Tendo em vista as condições e necessidades atuais da empresa, observa-se que existe a necessidade de resultados rápidos e precisos. Além disso, seria benéfico que as análises gastassem a menor quantidade possível de reagentes, diminuindo os custos provenientes de compras dos mesmos. Assim, analisou-se que a metodologia mais significativa deveria ser a realizada a partir da amostra diluída e, para resultados mais coerentes, com tempo de repouso de cinco minutos, gerando maior confiabilidade.

5.2 Estudo da Estabilidade da Solução de Hipoclorito de Sódio

Considerando que a amostra em questão de hipoclorito de sódio encontrava-se em meio alcalino (pH 12,64), é possível admitir que estará presente somente o íon OCl^- , logo, a concentração de cloro livre pode ser considerada igual à concentração dos íons hipoclorito. Assim, foi possível estabelecer um estudo de estabilidade do hipoclorito de sódio em termos de cloro livre durante 11 dias de análises, possibilitando a análise dos principais fatores que colaboraram para tal degradação do NaClO nas condições apresentadas atualmente pela indústria.

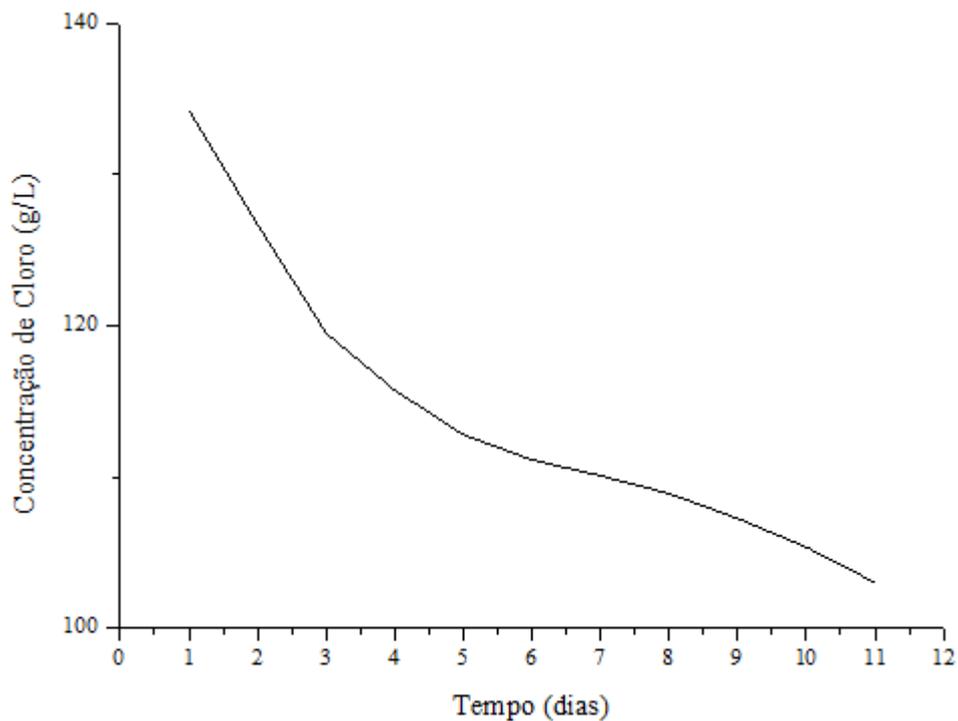
As condições as quais esse teste foi realizado foi à temperatura na faixa de 20 a 24°C, de concentração inicial de fabricação (23/05/2018) de 143,25 g/L de cloro, pH inicial de 12,64, com a amostra sendo mantida em recipiente sanitizado, protegido da luz e permaneceu fechado. Os resultados obtidos para cada dia de análise podem ser vistos na tabela 2 e através do gráfico 1.

Tabela 2 – Valores obtidos de concentração de cloro ativo (g/L) para cada dia de análise.

Data	Análises	Concentração de Cloro (g/L)	Coefficiente de Variância (%)
25/04/2018	Inicial - Dia 01	(134,28 ± 1,67)	1,24
26/04/2018	Dia 02	(126,73 ± 1,54)	1,21
27/04/2018	Dia 03	(119,53 ± 1,46)	1,22
30/04/2018	Dia 04	(115,76 ± 1,76)	1,52
01/05/2018	Dia 05	(112,81 ± 1,72)	1,52
02/05/2018	Dia 06	(111,16 ± 1,61)	1,45
03/05/2018	Dia 07	(110,09 ± 1,53)	1,39
04/05/2018	Dia 08	(108,91 ± 1,79)	1,64
07/05/2018	Dia 09	(107,26 ± 1,63)	1,52
08/05/2018	Dia 10	(105,37 ± 1,7)	1,61
09/05/2018	Final - Dia 11	(103,01 ± 1,59)	1,54

Fonte: Autor (2018)

Gráfico 1 – Gráfico da Estabilidade da concentração de cloro ativo (g/L) em função do tempo em dias.



Fonte: Autor (2018)

Através da tabela e gráfico acima é possível constatar as diferenças de concentração de

cloro livre a cada dia de análise, a qual, nos primeiros dias, apresenta decaimento maior se comparado aos últimos dias. Isso ocorre devido ao efeito da concentração inicial, pois, quanto mais elevada for a mesma, maior a tendência de decomposição inicial do hipoclorito de sódio (NICOLETTI, *et al*, 2009). Como a amostra apresentava concentração de 143,25 g/L de cloro após fabricação, era esperada um rápido decaimento desse teor nos primeiros dias de análise, o qual foi constatado.

Nos dias seguintes de análise, a partir do dia 05, observou-se redução mais discreta da concentração de cloro livre, sendo possível analisar que no momento que a amostra se apresentou com concentração em torno de 9,0% (em torno de 114 g/L) o decaimento se apresentou com reduções na faixa de 0,2% a 0,09%, sendo que em comparação com os valores iniciais tem-se reduções em torno de 0,6% a 0,32%, corroborando os resultados esperados. Além disso, através dos valores de coeficiente de variância, é possível perceber a precisão das medidas, apresentando baixos valores de CV (menos de 2,0%).

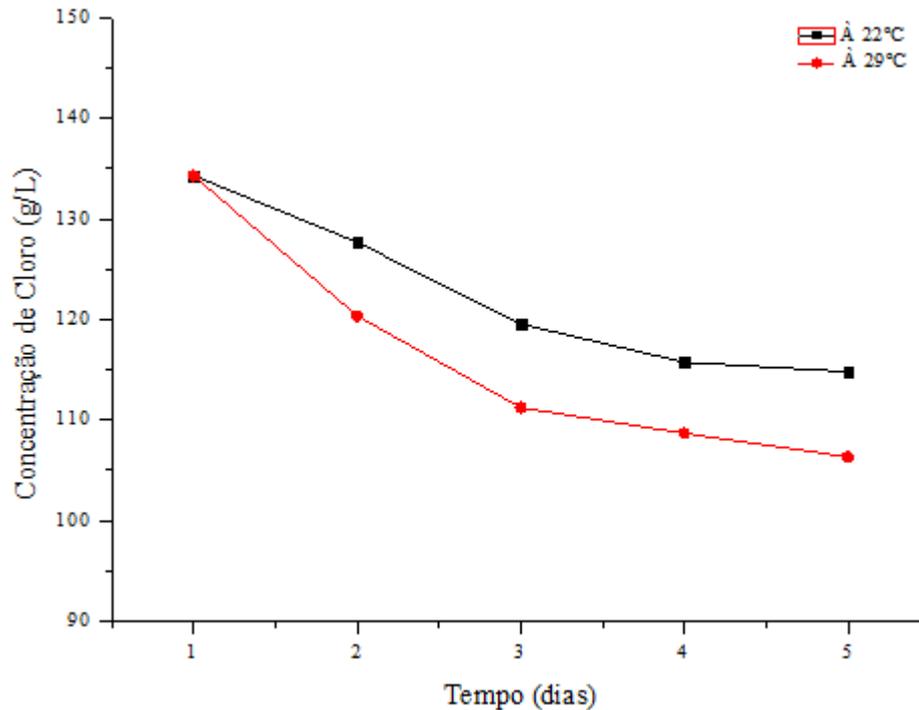
O fator temperatura também foi avaliado, para a mesma amostra, em condição distinta durante cinco dias. Inicialmente, uma parte da amostra foi armazenada em laboratório (aproximadamente 22°C) enquanto outra parte foi armazenada em sala de retenção (aproximadamente 29°C). Para que apenas o fator temperatura fosse levado em consideração, a amostra foi armazenada em frascos idênticos buscando evitar luminosidade, a qual sabe-se que também afeta a decomposição do hipoclorito. Assim, puderam ser obtidos os valores registrados na tabela 3, os quais já apresentam a média dos valores de concentração de cloro para cada dia, com seu respectivo valor de desvio padrão.

Tabela 3 – Valores obtidos de concentração de cloro ativo (g/L) para cada dia de análise em cada temperatura.

Dia	Concentração de Cloro Ativo (g/L)	
	À 22 °C	À 29 °C
01	(134,28 ± 1,24)	(134,28 ± 1,24)
02	(127,68 ± 1,21)	(120,36 ± 1,36)
03	(119,53 ± 1,22)	(111,25 ± 1,29)
04	(115,76 ± 1,52)	(108,68 ± 1,42)
05	(114,81 ± 1,52)	(106,34 ± 1,37)

Fonte: Autor (2018)

Gráfico 2 – Gráfico comparativo das concentrações de cloro ativo (g/L) durante os cinco dias de análise.



Fonte: Autor (2018)

A análise dos dados permite confirmar a influência do fator temperatura na decomposição da concentração de cloro em apenas cinco dias de análises, sendo possível observar que quanto maior a temperatura, mais rápida é a decomposição do hipoclorito. A diferença de apenas 7°C possibilitou analisar que ainda que a diferença de temperatura seja relativamente pequena, a diferença na concentração de cloro ativo é significativa. Assim, pode-se estabelecer condições ideais para o armazenamento do hipoclorito de modo a minimizar os efeitos causadores da decomposição do mesmo. O armazenamento sendo realizado em local com temperatura amena (em torno de 22° a 24°C) seria melhor, bem como armazenar em tambores sem contato com luminosidade.

Na indústria, o hipoclorito normalmente adentra como matéria-prima uma vez na semana, sendo que pode ser completamente consumido no decorrer da semana, ou seja, a preocupação com fator de temperatura é considerada mais importante dentro de cinco a sete dias de permanência. Logo, visando diminuir a rápida decomposição do hipoclorito, algumas medidas poderiam ser tomadas, como implantação de sistemas de ventilação nos galpões de modo a diminuir a temperatura do ambiente, evitando que a mesma se torne um fator crítico da decomposição acelerada da matéria-prima.

Outra menção importante se concentra nos cuidados relativos aos processos de amostragem e retirada da matéria-prima nos processos de pesagem, pois caso ocorra contaminações nos tambores, o hipoclorito de sódio pode vir a sofrer reações secundárias, principalmente na presença de metais com oxigênio. Este fato pode levar a formação de outros compostos e óxidos que favorecem o deslocamento do equilíbrio em direção à formação de oxigênio, diminuindo a concentração de cloro ativo na matéria-prima e podendo vir a causar problemas sérios de pressão nos tambores devido à formação de gás (LISTER, 1995).

6 CONCLUSÃO

O estudo foi realizado com sucesso, sendo possível estabelecer a metodologia de análise mais adequada para as condições atuais da indústria como sendo a que se trata da diluição 10%. Esta oferece como melhorias a redução de gasto de reagentes dez vezes mais, se comparada à metodologia utilizada anteriormente, bem como consegue ampliar a duração do reagente mais utilizado, tiosulfato de sódio, em cerca de três a quatro semanas mais. Na questão de tempo, a duração das análises com a metodologia de amostra diluída durou aproximadamente o mesmo tempo que a metodologia já abordada, entre 20 a 30 minutos, sendo considerado como ideal.

A comparação dos métodos possibilitou corroborar que não existe necessidade da utilização da solução indicadora de amido 1% para as aplicações desejadas, devido à coloração característica e viragem de cor específica da matéria-prima no ponto final da titulação, reduzindo assim os custos dos reagentes e diminuindo o tempo de análise total.

No acompanhamento da instabilidade do hipoclorito de sódio, observou-se que o decaimento da concentração de cloro livre se apresentava maior em concentrações iniciais mais elevadas de hipoclorito, apresentando redução mais discreta em torno de 9,0% (em torno de 114 g/L). Como o ideal de concentração para os processos se caracteriza em torno de 10 a 12%, para concentrações abaixo do esperado se torna necessário recálculo da quantidade de hipoclorito a ser adicionado nas formulações, buscando alcançar teor de cloro ativo mínimo para as formulações propostas.

A partir de estudo de acompanhamento, durante cinco dias, analisou-se a importância e os efeitos advindos da temperatura na decomposição do hipoclorito, o qual se apresenta mais estável em temperatura em torno de 22 °C e maior instabilidade em torno de 29 °C. Além disso, outros fatores, como contaminação por metais, podem afetar significativamente a decomposição mais acelerada do hipoclorito, levando à erros nas formulações e, conseqüentemente, não conformidade dos produtos finais. A partir desses conhecimentos, é possível indicação de medidas que minimizem os fatores que aceleram a decomposição do hipoclorito de sódio, como melhorias nos galpões de armazenamento da matéria-prima, além de cuidados e procedimentos rígidos no que diz respeito a manipulação e tratamento do hipoclorito de sódio pelos colaboradores da empresa.

REFERÊNCIAS

- AMABIS, José M.; MARTHO, Gilberto R. **Biologia das Células**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2006. 1 v. 511 p.
- BORIN G.; BECKER A. N.; OLIVEIRA E. P. M. **A história do hipoclorito de sódio e a sua importância como substância auxiliar no preparo químico mecânico de canais radiculares**. Rev. De Endodontia Pesquisa e Ensino On-Line, Rio Grande do Sul, a. 3, n. 5, jan./jun. 2007.
- BOTH J. M. C.; LONGARAY S. M.; AVANCINI C. A. M. **O desinfetante hipoclorito de sódio como barreira sanitária: condições de atividade frente a *Staphylococcus aureus* isolados em alimentos envolvidos em surtos de toxinfecções alimentares**. Rev. Inst Adolfo Lutz, Rio Grande do Sul, v. 68, p. 254-258, mai/ago. 2009.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Resolução de Diretoria Colegiada – RDC N° 109, de 6 setembro de 2016**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33920/281614/RESOLU%C3%87%C3%83O+DE+DIRETORIA+COLEGIADA+RDC+N%C2%B0+109%2C+DE+6+DE+SETEMBRO+DE+2016/0de01b95-4bf4-4df2-811c-855c8d8e0623>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Saneantes – Legislação**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/saneantes/legislacao>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- ESTRELA C.; SYDNEY G. B.; BAMMANN L. L.; JUNIOR O. F. **Estudo do efeito biológico do pH na atividade enzimática de bactérias anaeróbias**. Rev. Fac. Odont. Bauru, São Paulo, v.2, p. 31-38, out./dez. 1994.
- ESTRELA C.; ESTRELA C. R.A.; BARBIN E. L.; SPANÓ J. C. E.; MARCHESAN M. A.; PÉCORA J. D. **Mechanism of Action of Sodium Hypochlorite**. BrazDent J, São Paulo, v. 13, p. 113-117, dez./jan. 2002.
- FUKAYAMA M. Y.; TAN H.; WHEELER W. B.; WEI C. **Reactions of Aqueous Chlorine and Chlorine Dioxide with Model Food Compounds**. Environmental Health Perspectives, Florida, v. 69, p. 267-274, 1986.
- GAMBARINI, G.; DE LUCA, M.; GEROSA, R. **Chemical stability of heated sodium hypochlorite endodontic irrigants**. J Endod, Itália, v. 24, p. 432-434, jun. 1998.
- HACKEANDO AS ÁGUAS. **Cloro Livre, Combinado e Ativo (ou Disponível)**. Disponível em: <<http://www.c2o.pro.br/hackaguas/apf.html>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- KERDNA PRODUÇÃO EDITORIAL LTDA. **Controle de Qualidade**. Disponível em: <<http://controle-de-qualidade.info/>>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- LISTER M.W. **Decomposition of Sodium Hypochlorite: The Catalyzed Reaction**. Can J. Chem., Toronto, v. 34, p. 479-488, nov. 1995.
- LISTER M.W. **Decomposition of Sodium Hypochlorite: The Uncatalyzed Reaction**. Can J.

Chem., Toronto, v. 34, p. 465-478, nov. 1995.

MESSLER, Gary L.; FISHER, Paul J.; TARR, Donald A. **Química Inorgânica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014. 666 p

NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1259 p.

NICOLETTI M. A.; SIQUEIRA E. L.; BOMBANA A. C.; OLIVEIRA G. G. **Shelf-life of a 2,5% Sodium Hypochlorite Solution as Determined by Arrhenius Equation**. Braz Dent J, São Paulo, v. 20, p. 27-31, 2009.

SKOOG, *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Thomson, 2006. 1026 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. **Iodometria-Iodimetria: titulações que envolvem iodeto-iodo**. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/quimicanalitica/iodometria.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

UNIPAR CARBOCLORO INSTITUCIONAL. **Hipoclorito de Sódio**. Disponível em: <http://www.uniparcarbocloro.com.br/conteudo_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=48940&id=181903>. Acesso em: 15 mai. 2018.