

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

RENATO CÉSAR ANTONINI DE SIQUEIRA GOMES

CARACTERIZAÇÃO DO AÇO AISI 304 SOB MEIO SANITIZANTE

BELO HORIZONTE

2022

RENATO CÉSAR ANTONINI DE SIQUEIRA GOMES

CARACTERIZAÇÃO DO AÇO AISI 304 SOB MEIO SANITIZANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia de Materiais, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Dr. Wellington Lopes

Coorientador: Dr. Fernando Castro de Oliveira

BELO HORIZONTE

2022

RENATO CÉSAR ANTONINI DE SIQUEIRA GOMES

CARACTERIZAÇÃO DO AÇO AISI 304 SOB MEIO SANITIZANTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Graduação em Engenharia de Materiais, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Wellington Lopes (Orientador)

Prof. Elaine Carballo Siqueira Corrêa

Prof. Fernando Castro de Oliveira (Coorientador)

RESUMO

Em centros de saúde, clínicas e hospitais, há grandes possibilidades de contaminação das pessoas por microrganismos. Por isso, diversos produtos são utilizados para prevenir a proliferação e contaminação desses agentes nas áreas de saúde. Nesse sentido, nos centros médicos, vários produtos químicos foram e continuam a serem utilizados, como compostos clorados, álcool, entre outras recomendações fornecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Diante dessa maior necessidade de assepsia, diversos instrumentos, aparelhos e objetos simples, como corredores de mão, foram submetidos a meios sanitizantes. Entretanto, como consequência de sua utilização, possíveis danos acarretaria aos materiais que receberam a adição desses sanitizantes, comprometendo assim, sua funcionabilidade e a sua integridade. Logo, este trabalho busca investigar o efeito da aplicação do sanitizante Hipoclorito de Sódio (água sanitária) nas propriedades destes materiais, este material em questão é o aço inoxidável austenítico AISI 304, material tipicamente utilizado em ambiente hospitalar. Além disso, busca analisar e comparar o efeito das concentrações desses meios sanitizantes na resposta mecânica apresentada pelo aço inoxidável. Considerando essa necessidade, utiliza-se o hipoclorito de sódio com água sanitária nas concentrações de 2,5%, 2%, 1,5%, 1% e 0,5%. Neste trabalho foram realizados uso das técnicas de caracterização microestrutural por microscopia óptica (MO), ensaios de tração, imersão em solução sanitizante com a mensuração da perda de massa, inspeção visual e previsão da taxa de corrosão. Os resultados obtidos relatam a influência da concentração na resposta do material, redução de suas propriedades mecânicas, aparecimento de corrosão por pites e intragranular e uma previsão do uso deste material nas condições existentes.

Palavras-chave: aço inoxidável 304, corrosão, sanitizante.

ABSTRACT

Health centers, clinics and hospitals, there are numerous possibilities of contamination of people by microorganisms. Therefore, several products are used to prevent the proliferation and contamination of these agents in healthcare areas. In this sense, in medical centers, many chemical products have been and continue to be used, such as chlorinated compounds, alcohol, among other recommendations provided by the World Health Organization (WHO). Faced with this greater need for asepsis, instruments, devices and simple objects, such as hand runners, were subjected to sanitizing means. However, as a result of their use, possible damage would be caused to the materials that received the addition of these sanitizers, thus compromising their functionality and integrity. Therefore, this work seeks to investigate the effect of the application of the sanitizer on the properties of these materials, such as the austenitic stainless, AISI 304 steel, a material typically used in a hospital environment. In addition, this work will analyze and compare the effect of the concentrations of these sanitizing media on the mechanical response presented by the stainless steel. Considering this need, sodium hypochlorite with bleach was used at concentrations of 2.5%, 2%, 1.5%, 1% and 0.5%. In this work, microstructural characterization techniques were used by optical microscopy (OM), tensile tests, immersion in sanitizing solution with measurement of mass loss, visual inspection and prediction of the corrosion rate. The obtained results reported the influence of the concentration on the material response, reduction of its mechanical properties, appearance of pitting and intragranular corrosion and a prediction of the use of this material in the existing conditions.

Keywords: 304 stainless steel, corrosion, sanitizer.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que é a minha base, concessor da minha força vital. Posteriormente, agradeceu a minha amada avó Elza e minha tia Rita (*in memoriun*), que me fazem uma imensa falta. Infelizmente não é possível estarem aqui fisicamente para presenciar o fim dessa jornada, entretanto, estão eternamente presentes em meu coração. Aos meus pais que me deram a educação, a vida e me transformaram na pessoa que sou e ao meu irmão por fornecer todo apoio necessário. Aos meus amigos Grazielle, Milena e Rafael por sempre trazerem consigo o carinho, apoio e força para a minha vida. Ao meu avô, que por todos os momentos em que estive ausente para cumprir com minhas tarefas acadêmicas nunca reclamou, sempre esteve ao meu lado. Em especial ao meu orientador e amigo, professor Wellington, que embarcou em uma aventura nova, na qual ele ainda não tem o domínio total do assunto, oferecendo-me seu voto de confiança e seu apoio. Ao Fernando, meu coorientador, a quem tanto admiro, por sua generosidade, profissionalismo e dedicação. Ao Marcelo Drumont por sempre ceder seu tempo para me ajudar e me aconselhar. E por fim, mas não menos importante, aos meus queridos amigos que conquistei ao longo dessa trajetória que sorriram e choraram ao meu lado.

Agora falta bem pouco para cruzarmos a linha de chegada e vai ser muito bom compartilhar isso ao lado de vocês!

A todos meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 Tipos de sujidades.....	12
3.2 Higienização	13
3.2.1 Etapa Preliminar	13
3.2.2 Etapa de Pré-Lavagem.....	14
3.2.3 Etapa de Lavagem com Detergente	15
3.2.4 Etapa de Enxague	16
3.2.5 Sanitização.....	17
3.2.5.1 Meio Físico.....	18
3.2.5.2 Meio Químico.....	18
3.3 Aços.....	20
3.3.1 Classificação dos aços	21
3.3.2 Aço Inoxidável	22
3.3.3 Tipos de aços inoxidáveis.....	23
3.3.4 Composição química típica dos aços inoxidáveis e seus agentes corrosivos	25
3.3.5 Aço inoxidável e os meios de corrosão	27
4 MATERIAIS E METODOS.....	32
4.1 Material	33
4.2 Corpos de prova de tração.....	33
4.3 Procedimentos Experimentais.....	34
4.3.1 Ensaio de tração.....	34
4.3.2 Preparação e obtenção das soluções sanitizantes	34
4.3.3 Importância da titulação	36

4.3.4 Titulantes	36
4.3.5 Obtenção dos Titulantes	36
4.3.6 Processo de Titulação	37
4.4 Preparação microestrutural	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1 Comportamento Mecânico.....	40
5.2 Avaliação da Corrosão após Imersão em Meios Sanitizantes	44
5.3 Caracterização Microestrutural.....	48
6 CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma grande preocupação em relação às contaminações hospitalares, que podem ser adquiridas durante as cirurgias ou através de um momento pós cirúrgico, onde o paciente é mantido no hospital para ficar em observação para sua recuperação. Os agentes causadores de tais contaminações podem ser fungos, bactérias ou vírus. De acordo com dados adquiridos pela Organização Mundial de Saúde (2016), boa parte dos pacientes internados são contaminados no Brasil, sendo essa porcentagem acima de 10%.

Logo, torna-se necessário abordar as possibilidades de reduzir essas contaminações, seja através das escolhas dos materiais que serão utilizados em superfícies dos locais ou na escolha dos equipamentos que serão usados para os diversos tipos de tratamentos (PALMETAL, 2016).

Em 1850, os cientistas compreenderam que os microrganismos eram responsáveis por muitas enfermidades e a enfermeira, Florence Nightingale, descobriu que seus pacientes demonstravam melhorias quando o local estava limpo. Desta forma, a ela instalou um serviço de lavanderia para realizar a higienização dos equipamentos. Por consequência, observou-se que as medidas de limpeza reduziram as taxas de mortalidade de pacientes com cólera, tifo e disenteria, passando de 42% para apenas 2% de mortes. A partir das observações realizadas, pode-se entender que as superfícies de contato dos equipamentos podem ser consideradas uma fonte de contaminação, sendo que a desinfecção regular destas superfícies, geralmente, não é o suficiente para cessar o crescimento e a multiplicação desses seres patógenos (PALMETAL, 2016).

A indústria hospitalar é responsável por investir no desenvolvimento de acessórios, de equipamentos, em artigos, em projetos arquitetônicos que são direcionados aos hospitais, em clínicas e em instituição de saúde. Esse setor possui seus serviços diretamente voltados à vida dos animais racionais ou não, sendo crucial que suas atividades tenham uma elevada higiene e assepsia. Por conseguinte, o material mais adequado para tal finalidade é o aço inoxidável (ARINOX, 2015).

A utilização de equipamentos feitos de aço inoxidável, em vez de polímeros (plásticos), madeira e outros, reduz de forma significativa, as infecções dos pacientes, principalmente, em centros cirúrgicos, onde existem diversos micro-organismos (CARBÓ, 2008). O motivo é a dificuldade das bactérias e microrganismos de se aderirem à superfície dos aços inoxidáveis, pois as superfícies destes aços geralmente não são porosas, resultando na diminuição da ocorrência da proliferação e de formação de biofilmes na superfície (PALMETAL, 2016).

A utilização de saneantes, como os desinfetantes na limpeza de superfície, já é considerada suficiente ou satisfatório para assegurar a eficácia da desinfecção dos Materiais. Entretanto, o uso dos aços inoxidáveis traz consigo alguns benefícios devido suas propriedades intrínsecas, como: resistência à corrosão e maior durabilidade, que garantem maior economia, pois tendem a reduzir a substituição dos equipamentos (PALMETAL, 2016).

Dentro deste contexto, no presente trabalho foram realizados ensaios mecânicos e ensaios de corrosão do Aço AISI 304, com a utilização do sanitizante de hipoclorito de sódio, que é um dos sanitizantes mais comuns na utilização em hospitais, por terem uma ampla versatilidade em relação ao seu uso e por ser de fácil aquisição no mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar o comportamento mecânico do aço AISI 304, após a imersão em meios sanitizantes, sendo eles a solução de hipocloritos de sódio nas concentrações de 0,5%, 1%, 1,5%, 2% e 2,5%.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a resposta mecânica do aço AISI 304, após a imersão nos meios sanitizantes de hipocloritos de sódio nas concentrações de 0,5%, 1%, 1,5%, 2% e 2,5%, durante um período de 5 meses;
- b) Investigar a resistência à corrosão do aço AISI 304, após a imersão nos meios sanitizantes, através de uma análise visual e de massa;
- c) Analisar se existirão diferenças significativas entre o comportamento mecânico e a resistência à corrosão do aço AISI 304 com e sem a imersão aos meios sanitizantes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Tipos de sujidades

A higienização é um dos procedimentos para o controle de sujidades. Nesta etapa, são elaboradas propostas para garantir o controle higiênico de superfícies de equipamentos e utensílios, tendo em vista a solubilização de resíduos em água, detergente alcalino e ácido. Quando se usa a água, a retirada de carboidratos e sais minerais, a partir da ação mecânica, esse processo de limpeza tende a ser facilitado. Sabe-se também que o uso de agentes alcalinos e/ou tensoativos são, geralmente, eficientes na retirada de gorduras e resíduos de proteínas. Em contrapartida, o uso de agentes ácidos visa a remoção de sais divalentes como magnésio e cálcio. Além disso, vale ressaltar que o calor é um empecilho para retirada destes produtos indesejáveis. Na Tabela 1, é demonstrada a solubilidade e a ação de calor nas sujidades encontradas em resíduos diversos (JACULI, 2009).

Tabela 1: Solubilidade e ação do calor nos resíduos depositados na superfície.

RESÍDUO	SOLUBILIDADE	REMOÇÃO	EFEITOS DO CALOR
Carboidrato	Geralmente solúvel em água	Fácil	Caramelização
Gordura	Solúvel por tensoativos e alcalinos	Difícil	Polimerização
Proteínas	Solúvel em alcalinos e ácidos	Difícil	Desnaturação
Sais Minerais monovalentes (Na ⁺ , K ⁺)	Solúvel em água	Fácil	Incrustações
Sais Minerais divalentes (Na ⁺ , K ⁺)	Solúvel em ácido	Difícil	Incrustações

Fonte: Adaptado JACULI,2009.

De acordo com a Tabela 1 acima, a identificação do resíduo é de extrema importância, pois cada substância tem suas peculiaridades, como por exemplo os carboidratos, que podem ser moléculas de carbono, oxigênio e hidrogênio usualmente conhecidos como açúcar. Tal fato explica a questão de afinidade química com a água favorecendo a solubilização e retirada dele. Quando se avalia as proteínas, sabe-se que elas são moléculas grandes. Logo, recomenda-se

uso de temperaturas mais fria, pois em altas temperaturas a remoção das proteínas é dificultada, por causar a desnaturação delas, desta forma alterando sua estrutura e dificultando a interação do agente de limpeza em sua estrutura (WINTERHALTER, 2021).

3.2 Higienização

O processo de higienização das superfícies de materiais é dividido em duas etapas, sendo elas a sanitização e a limpeza. Na limpeza visa-se a remoção de resíduos orgânicos, de minerais, de proteínas, de gorduras e de outros. Por sua vez, a sanitização tem por intuito eliminar microrganismos patogênicos e/ou deteriorantes a patamares que não comprometam a qualidade higiênico-sanitária (JACULI, 2009).

Segundo Germano e Germano (2003),

Uma higienização eficiente e satisfatória surge através da interrelação entre as energias química, mecânica e térmica do processo de higienização, como também pode estar associada ao tempo de duração do procedimento em questão. De forma geral, é evidente aferir que quanto maior for o tempo de contato ou a duração do procedimento, mais eficiente se torna a higienização do local ou do material em questão.

Em 2003, foram reestruturadas as etapas de higienização que, inicialmente, era executado em dois procedimentos: limpeza e sanitização. Entretanto, devido à esta reestruturação, a 1ª etapa que era a limpeza foi dividida em:

- I) preliminar;
- II) pré-lavagem;
- III) lavagem com detergente;
- IV) enxague.

Já a etapa de sanitização foi subdividida em 3 partes, sendo elas: aplicação dos saneantes, enxague destes saneantes (enxague final) e etapas finais (RÊGO; FARO, 2003).

3.2.1 Etapa Preliminar

A etapa preliminar é o primeiro processo para a limpeza do material, esta etapa consiste em separar as partes removíveis de um equipamento em água, com o propósito de umedecer os resíduos, por consequência, ocorre a redução da força de ligação das sujidades aderidas e permite a retirada de aderentes menores. Essa etapa permite o uso de objetos, como as escovas,

para auxiliar na remoção dos resíduos aderidos. Deve-se ressaltar que o objeto utilizado não pode danificar a superfície no momento da limpeza. Ademais, materiais abrasivos não devem ser usados, pois danificam a superfície e reduzem a vida útil do material que está sendo limpo (RÊGO, FARO; 2003).

O uso do jato de água faz com que, por ação mecânica, a sujeira não solúvel seja retirada sem causar danos à superfície e a quantidade de deposição microbiana seja reduzida. Assim, é essencial um cuidado nessa etapa, visto que seu uso incorreto pode ocasionar um espalhamento das sujidades no ambiente. Além disso, o controle da temperatura é um dos fatores primordiais. Se a água for muito fria pode ocasionar uma solidificação de gorduras; se for muito quente vai ocasionar a desnaturação da proteína. Logo, a temperatura ideal se dá em torno de 40°C (GERMANO; GERMANO, 2003).

3.2.2 Etapa de Pré-Lavagem

A pré-lavagem é considerada um procedimento que visa reduzir a quantidade de resíduos presentes na superfície dos equipamentos, apenas utilizando um jato de água. Tal procedimento, possui a tendência de remover cerca de 90% dessas sujidades presentes, pois estas sujidades são solúveis em água (GERMANO; GERMANO, 2003). Como essa etapa necessita a utilização da água, deve-se manter alguns cuidados, como por exemplo, que a água seja quimicamente pura. Além disso, deve ser verificada a dureza, coloração, odor, sabor e contagem microbiana. Dentre essas características a dureza é a mais crítica, uma vez que interfere no uso de detergentes (JACULI, 2009).

A propriedade da água conhecida como dureza está relacionada à dissolução de bicarbonato de magnésio e de cálcio. Sabe-se ainda que esta dureza pode ser denominada temporária ou permanente. A dureza temporária é observada quando existem as deposições de bicarbonato nos equipamentos, sendo que estas deposições sejam de fácil remoção. Por sua vez, a permanente se dá pela formação de nitratos, sulfatos e cloretos de magnésio e cálcio, na qual desenvolve-se uma crosta rígida na superfície dos equipamentos, tornando-se a remoção destas substâncias mais difíceis. Desta forma, permitindo acarretar um processo corrosivo no local onde é formada a crosta indesejada (LABORATÓRIO DE QUÍMICA DOS ELEMENTOS, 2017).

3.2.3 Etapa de Lavagem com Detergente

Nesta etapa, o operador deve conhecer diversos fatores sendo eles, as propriedades e o tipo de reagente utilizado para a limpeza; ou seja, se são alcalinos, tensoativos, ácidos, dentre outros. Ademais, é importante salientar-se das reações resultantes entre as sujidades e o produto de limpeza durante o procedimento, tais como, saponificação, emulsificação, molhagem, suspensão, enxague, solubilização, corrosividade, dentre outros (FLORES, 2019).

O uso de detergente é direcionado à remoção de sujidade presente na superfície de um material, tendo como objetivo dispersá-la no solvente, proporcionando uma prevenção quanto à deposição da sujidade na superfície do material em questão (JACULI, 2009).

2.2.3.1 Tipos de Detergentes

A utilização dos mais variados tipos de detergentes está diretamente relacionada ao tipo de sujidade em questão. Logo, deve-se saber qual tipo de detergente irá possuir melhor desempenho em determinada situação. Os detergentes alcalinos possuem a capacidade de promover uma emulsificação e saponificação, além de retirarem resíduos proteicos e gorduras da superfície. Dentre os alcalinos estão incluídos o hidróxido de sódio, o carbonato de sódio, dentre outros (JACULI, 2009).

O hidróxido de sódio é o mais forte entre os agentes alcalinos, o custo é relativamente baixo, sendo bastante corrosivo. Ele, apesar de não ser recomendado para metais e necessitar de um manuseio cuidadoso decorrente a sua toxicidade, possui propriedades bactericida e saponificantes satisfatórias. Já os carbonatos de sódio são menos corrosivos e possuem baixo custo (RÊGO; FARO, 2003).

Os agentes ácidos geralmente são usados quando há possibilidade de ocorrer incrustações minerais, os quais não são retiradas com uso de agentes alcalinos. As soluções ácidas podem ser inorgânicas e orgânicas, podendo atuar de forma isolada ou de maneira combinada. Esses agentes possuem o íon (H^+) que confere a atividade de um ácido. Lembrando-se que ácidos são substâncias que em uma solução aquosa libera H^+ . Logo, elas conseguem doar seus prótons. Estas soluções são bastante corrosivas para serem usadas em metais como o aço galvanizado e o aço inoxidável. Dentre os ácidos possíveis, os inorgânicos mais utilizados são o clorídrico, o sulfúrico, o nítrico e o fosfórico. Por sua vez, os orgânicos destacam-se o láctico, o cítrico, o hidroxiacético, o tartárico, dentre outros (RÊGO, FARO; 2003).

Os agentes ácidos menos corrosivos são os de origem orgânica, entretanto, sua obtenção não é tão acessível devido ao seu elevado valor no mercado. Sabe-se que o uso de ácidos, geralmente, está associado à utilização de tensoativos, visando reduzir a tensão superficial da solução e acarretando um melhor contato da superfície com o detergente (JACULI, 2009).

Os detergentes tensoativos são geralmente empregados quando se visa uma redução da tensão superficial da substância indesejada. Na formulação deste tipo de detergente existem grupos polares e apolares, os grupos polares presentes permitem que a solução usada possua uma certa afinidade com a água. Já os grupos não polares presentes na solução permitem um favorecimento no quesito afinidade em relação aos óleos e às gorduras. Este tipo de detergente é de fácil lavagem e não é corrosivo. Além disso, apesar dos detergentes ácidos serem mais prejudiciais em relação ao uso em metais, por favorecerem o processo corrosivo, é comum a utilização de detergentes alcalinos com o uso de agentes tensoativos. Na Tabela 2 pode-se ver uma formulação de um detergente destinado aos aços inoxidáveis (GERMANO; GERMANO, 2003).

Tabela 2: Detergente para aços inoxidáveis.

Detergente para Higienização de Tubulações de Aço Inox	
Agentes Químicos	Concentração %
Tensoativo Iônico	3
Tripolifosfato de sódio	25
Metassilicato de sódio	10
Carbonato de sódio	30
Sulfato de sódio	32

Fonte: Adaptado. JACULI, 2009.

3.2.4 Etapa de Enxague

A etapa de enxague é extremamente importante, pois, após o contato dos detergentes com a superfície do objeto, é imprescindível a remoção de forma eficiente dos resíduos suspensos, juntamente com os resquícios dos produtos de limpeza utilizados, evitando qualquer possível fator prejudicial ao material. Ademais, nesta etapa, geralmente, usa-se a fenolftaleína para indicar se houve uma remoção completa do detergente alcalino na hora do enxague. Assim, para sua averiguação, é recomendado que o pH seja inferior a 8,3, podendo ser visualizado pelo papel de tornassol, como na figura 1, ou pela fenolftaleína, como na figura 2. Em contrapartida, se o detergente utilizado for ácido recomenda-se o uso de metilorange. Nesta situação, a água

deverá apresentar uma coloração amarelada, indicando que o material enxaguado possuirá um pH próximo da neutralidade, observado na figura 3 (JACULI, 2009).

Figura 1: Escala de PH



Fonte: PORTAL SÃO FRANCISCO, 2021.

Figura 2: Indicação de pH pelo uso fenolftaleína

	Meio Alcalino-Básico	Meio Ácido
Fenolftaleína		

Legenda:

- Meio Ácido onde pH é inferior a 7, apresenta uma tonalidade incolor;
 - Meio Básico onde pH é superior a 7, apresenta uma tonalidade rosa carmim.
- Fonte: Adaptado MORTIMER; MACHADO, 2022.

Figura 3: Indicação de pH pelo uso de Metilorange

	Meio Alcalino-Básico	Meio Ácido
Alaranjado de Metila (METILORANGE)		

Legenda:

- Meio Ácido onde pH é inferior a 7, apresenta uma tonalidade avermelhada;
 - Meio Básico onde pH é superior a 7, apresenta uma tonalidade amarelada.
- Fonte: Adaptado MORTIMER; MACHADO, 2022.

3.2.5 Sanitização

No processo de higienização, a última etapa consiste na eliminação de microrganismo que podem afetar a saúde dos seres vivos, assim como a diminuição de substâncias deteriorantes

presentes na superfície de equipamentos, nas instalações e nos utensílios para patamares mais seguros. Além disso, a etapa de sanitização tem que ser necessariamente a última, pois, caso a limpeza não seja efetuada de forma eficiente, as partículas residuais dos processos anteriores podem impedir a ação dos produtos saneantes sobre os microrganismos patogênicos que, por sua vez, não possuem a capacidade de corrigir as falhas da etapa de limpeza. A sanitização pode acontecer através de meios químicos e físicos (JACULI, 2009).

3.2.5.1 Meio Físico

Uma das formas de sanitizar um material é por meio da aplicação de uma substância aquecida. Esta técnica está relacionada com a aplicação de um fluido aquecido, seja ele no estado líquido ou gasoso, para a remoção de microrganismos. Ela pode se dar por meio da aplicação de água quente a uma temperatura de aproximadamente 77°C, durante 15 minutos, ou 93°C, por 5 minutos. Pode-se, também, realizar uma exposição ao ar aquecido com temperatura de 90°C, durante 20 minutos, ou pela aplicação de vapor diretamente à superfície do material, sendo o tempo médio dessa ação de aproximadamente, 1 minuto (JACULI, 2009).

Outra técnica usada para a eliminação de microrganismos é a utilização de radiação ultravioleta, muito empregada em locais de processamento, em laboratório e em câmaras. Para a utilização deste método são utilizadas lâmpadas específicas. No mercado existem lâmpadas de mercúrio e de quartzo destinadas às instalações de grande e médio porte, enquanto as lâmpadas de argônio e de mercúrio são visadas para as instalações de pequeno porte. A radiação emitida por estas lâmpadas está na faixa de comprimento de onda entre 900 e 3800 Å, sendo que a faixa mais eficaz está próxima ao comprimento de onda de 2600 Å. Ademais, estas lâmpadas, que emitem este comprimento mais eficaz, são mais caras devido ao aumento de consumo da energia elétrica, e ainda, sua eficiência cai perante seu tempo de uso, sendo o seu tempo de vida de, aproximadamente, 6 meses (GERMANO; GERMANO, 2003).

3.2.5.2 Meio Químico

A utilização de meios químicos é muito procurada para a eliminação dos microrganismos, este método pode ser usado mediante aplicação de algumas substâncias, entre elas se destacam os compostos clorados, os iodados e os quaternários de amônia (MAXMAD, 2020).

O sanitizante mais usado é o cloro por possuir a habilidade de liberar íons Cl^- (agente bactericida), quando presente em solução. Os compostos clorados são bastante instáveis, assim como os compostos inorgânicos. Logo, deve-se reduzir esta instabilidade, condicionando-o em recipientes lacrados e escuros, pelo fato de a luz decompor os produtos clorados. Além disso, o local onde será armazenado deverá ter boa ventilação e temperaturas brandas para que não haja diminuição do teor de cloro residual, proveniente da volatilização dos compostos clorados ocasionada pelo calor (JACULI, 2009).

Os sais de hipoclorito são um dos compostos clorados mais utilizados, mas é imprescindível preocupar-se com o seu uso e dos demais sais de cloro que estão relacionados à formação de cloroaminas orgânicas devido elas possuírem altos níveis carcinogênicos. Diante deste fato, o dióxido de cloro tem tido uma crescente utilização. Durante sua aplicação é gerada uma quantidade mínima de subprodutos (trihalometanos); não formando assim, as cloroaminas (JACULI, 2009). Também há formação de fenóis oxidados simples, porém seu nível carcinogênico é bem inferior em comparação aos das cloroaminas. Ademais, agentes oxidantes fortes, como o dióxido de cloro, realizam mecanismos de transferência de elétrons, sua ação ocorre na membrana celular, penetrando, desidratando e oxidando substâncias internas na célula bacteriana (SREBERNICH, 2007).

Outro meio sanitizante são os compostos iodados, sendo que o principal é o I_2 que é liberado em soluções aquosas. Essa molécula é capaz de penetrar na parede celular, acarretando deterioração da estrutura proteica e inibição do sistema enzimático, por meio de oxidação dos aminoácidos (GERMANO; GERMANO, 2003).

O ácido paracético também é muito utilizado como saneante industrial. Geralmente este produto é usado em mistura contendo o próprio ácido paracético, peróxido de hidrogênio, ácido acético e estabilizantes. Essa mistura possui uma ação oxidante de amplos componentes presentes na célula dos microrganismos (JACULI, 2009).

Além disso, segundo a ANVISA, na resolução nº42 de 2010, o uso de solução alcoólica para higienização de superfícies deve ter concentração mínima de 70%, assegurando a sua atividade antibacteriana que é reconhecida pelos testes de laboratório *in vitro* ou *in vivo*, tendo o propósito de amenizar a quantidade dos microrganismos (Brasil, 2010). Desta forma, as informações sobre o uso de produtos pelo seu efeito desinfetante se tornaram indispensáveis, por isso, pela análise da figura 4, é possível observar informações sobre alguns desinfetantes usados para a eliminação de microrganismos (SANTOS; et al, 2002).

Figura 4: Propriedades químicas de alguns desinfetantes

Desinfetante	Ação		Diluição	Ação dos desinfetantes contra microrganismos							Outras características					Aplicação			
	Desinfetante	Esterilizante		Inativação por matéria orgânica	Bactericida	Esporicida	Tuberculocida	Fungicida	Virus Lipofílicos	Virus hidrofílicos	Inflamável	Potencial explosão	Corrosivo	Irritante para a pele	Irritante respiratório	Irritante ocular	Limpeza de Superfície	Vidros sujos	Descontaminação de equipamentos
Tipos de desinfetantes e esterilizantes líquidos																			
Álcool (etilico isopropílico)	S	N	60-85%	+	+	-	+	+	+	+ ^b	+	-	-	+	-	+	+	-	-
Cloro	S	N	100-1000 ppm	+	+	+/-	+/- ^c	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Glutaraldeído	S	S	2-5%	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
Iodóforos	S	N	30-1.000ppm	-	+	-	+/-	+/-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+
Compostos fenólicos	S	N	0,5 – 5%	-	+	-	+	+	+	+/-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Compostos de quartenário de amônia	S	N	0,5-1,5%	+	+	-	-	+/-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+

^a Para obter informações específicas como: tempo de validade, ação de limpeza, segurança em saúde e corrosão, consultar as especificações do fabricante destes produtos.
^b Álcool isopropílico é menos ativo que o álcool etílico contra vírus hidrofílicos.
^c No caso da micobactéria, o cloro tem mais efetividade em concentrações de 10.000 ppm.

Fonte: SANTOS; et al, 2002.

Ao observar a figura 4 é possível aferir que o solvente “Cloro (Cl)” que é utilizado neste trabalho traz uma vasta versatilidade em sua aplicação, além de mostrar uma eficácia no combate de diversos microrganismos, tornando-o apropriado sua utilização em ambientes hospitalares.

Além disso, o cloro é utilizado geralmente na forma de gás cloro e hipoclorito de cálcio ou sódio, pois apresentam vantagens como baixo custo e eficiência. Este produto destrói a cápsula bacteriana de proteção e oxida o protoplasma celular, exercendo a sua ação sanitizante. E ainda possuem cloraminas que alteram a permeabilidade celular e impedem a regeneração enzimática. Os produtos comerciais deste solvente são baratos e de fácil aquisição no mercado, possui em eficácia em diferentes diluições e são de fácil preparo e aplicação, entretanto é considerado corrosivo (Nascimento M. H; DELAGADO A. D; BARBARIC F. I; 2010).

3.3 Aços

Os aços são os materiais mais empregados na produção de bens de consumo e produção, tais como carros, maquinários, ferramentas e outros. Esses materiais são ligas ferro-carbono, no qual o teor de carbono é, no máximo, 2,11% em peso. Além disso, os motivos que levaram o aço a se destacar no mercado é o seu baixo custo de fabricação, sua conformação e seu processamento, quando comparado às demais ligas (TSCHIPTSCHIN, 2009).

Os aços podem ser classificados de acordo com a sua composição química, sua aplicação, sua forma e seu acabamento superficial. Quanto à composição química, sua classificação se dá de 3 formas: aço carbono, aços de baixa e de alta liga. Os aços de baixa liga possuem elementos de liga, como, por exemplo (Cr, Ni, Mn, V, Mo e outros) em teores totais menores que 5%. Em contrapartida, para valores superiores que 5%, os aços são considerados de alta liga (TSCHIPTSCHIN, 2009).

3.3.1 Classificação dos aços

Existe uma gama de aços que são usados nas indústrias e podem ser classificados de acordo com o sistema de codificação SAE/AISI, que consiste geralmente em quatro algarismos na forma ABXX, sendo que as letras A e B são responsáveis para a identificação dos principais elementos de liga presentes e seus teores, porcentagem em peso. Já os algarismos XX presentes no final da representação indicam a porcentagem em peso de carbono do aço multiplicado por 100. Na figura 5 são apresentadas algumas classificações SAE/AISI. Vale salientar-se, que quando o teor de carbono é superior a 1%, admite-se a utilização de 5 algarismos (TSCHIPTSCHIN, 2021).

Figura 5: Exemplos da classificação de aço SAE/AISI de aço inoxidável

AISI	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)								SAE
	C Máx.	Mn Máx.	Si Máx.	P Máx.	S Máx.	Cr	Ni	Outros Elem.	
201	0,15	5,5 - 7,5	1,00	0,060	0,030	16,00 - 18,00	3,50 - 5,50	N 0,25 máx.	S20100
202	0,15	7,5 - 10,0	1,00	0,060	0,030	17,00 - 19,00	4,00 - 6,00	N 0,25 máx.	S20200
301	0,15	2,00	1,00	0,045	0,030	16,00 - 18,00	6,00 - 8,00	N 0,10 máx.	S30100
302	0,15	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	8,00 - 10,00	N 0,10 máx.	S30200
303	0,15	2,00	1,00	0,200	0,15 mín.	17,00 - 19,00	8,00 - 10,00	Mo 0,60 máx.	S30300
304	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	18,00 - 20,00	8,00 - 10,50	N 0,10 máx.	S30400
304L	0,03	2,00	0,75	0,045	0,030	18,00 - 20,00	8,00 - 12,00	N 0,10 máx.	S30403
305	0,12	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	10,50 - 13,00	-	S30500
308	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18,00 - 21,00	10,00 - 12,00	-	S30800
309	0,20	2,00	1,00	0,045	0,030	22,00 - 24,00	12,00 - 15,00	-	S30900
309S	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	22,00 - 24,00	12,00 - 15,00	-	S30908
310	0,25	2,00	1,50	0,045	0,030	24,00 - 26,00	19,00 - 22,00	-	S31000
310S	0,08	2,00	1,50	0,045	0,030	24,00 - 26,00	19,00 - 22,00	-	S31008
314	0,25	2,00	1,50 - 3,00	0,045	0,030	23,00 - 26,00	19,00 - 22,00	-	S31400
316	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	16,00 - 18,00	10,00 - 14,00	Mo 2,00 - 3,00	S31600
316L	0,03	2,00	0,75	0,045	0,030	16,00 - 18,00	10,00 - 14,00	Mo 2,00 - 3,00	S31603
317	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	18,00 - 20,00	11,00 - 15,00	Mo 3,00 - 4,00	S31700
347	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	9,00 - 13,00	Cb 10xC - 1,00	S34700
348	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	9,00 - 13,00	Cb + Ta 10xC - 1,00; Ta 0,10 máx. Co 0,20	S34800

*Sendo que: L- Carbono extra baixo/ S- Carbono baixo.

Fonte: GERDAU, 2003.

3.3.2 Aço Inoxidável

O aço inoxidável é muito usado, pois além dele ser prático e versátil, ele ainda oferece um bom desempenho em sua utilização. Seu reconhecimento é devido à alta resistência mecânica mesmo em contato direto com agentes corrosivos. Ademais, esse tipo de aço possui uma alta resistência à oxidação quando submetido a elevadas temperaturas, quando comparado aos demais tipos de aços (TEBECHERANI, 2013).

Os aços inoxidáveis são, de maneira geral, ligas de ferro-cromo. Embora possuam em sua composição outros metais que são considerados como elementos de liga, o cromo é sem dúvida o mais importante. Este metal é indispensável para garantir que a resistência à corrosão seja eficiente. A existência de cromo (Cr) quando em quantidade suficiente, permite a formação de uma película de óxido de cromo na superfície do metal, com descrita na figura 6. Quando o cromo entra em contato com oxigênio (O), ocorre sua oxidação, formando o óxido de cromo (película). Tal película é impermeável e insolúvel contra os agentes químicos agressivos. Além disso, a película formada faz com que o material ganhe resistência à corrosão em meios agressivos e em ambientes com temperaturas elevadas. Segundo a definição deste aço, constata-se que o valor mínimo de teor de cromo (Cr) presente é de no mínimo 12% (TEBECHERANI, 2013).



Fonte: AÇO PLANO, 2022.

Os aços inoxidáveis possuem uma gama variada de aplicações, como, por exemplo, em: eletrodomésticos, componentes existentes em automóveis, ônibus, vagões ferroviários, elevadores, escadas rolantes, equipamentos hospitalares, dentre outras áreas (TEBECHERANI, 2013).

3.3.3 Tipos de aços inoxidáveis

Os materiais metálicos do grupo dos aços inoxidáveis possuem a possibilidade de serem classificados a partir de sua microestrutura. Sendo que os aços do tipo austenítico, ferríticos e martensíticos são as principais classificações em relação à microestrutura, além de serem os mais utilizados no mercado (TEBECHERANI, 2013).

Os aços de microestrutura austenítica são conhecidos por serem ligas não-magnéticas de ferro-cromo-níquel, nos quais a quantidade de níquel é de aproximadamente de 8% enquanto o teor de carbono é inferior a 0,25%, sendo classificados como baixo teor de carbono. Este aço austenítico apresenta propriedades mecânicas satisfatórias, boa soldabilidade, trabalhabilidade a frio e resistência à corrosão. Além disso, esses aços são endurecíveis por deformação plástica (encruamento), tornando-se, nesta condição, ligeiramente magnéticos, devido a transformação da austenita em martensita. Outro fato marcante, dá-se pela incorporação de elementos de liga como o molibdênio e/ou pela redução do teor do carbono, que acarretam na melhoria da resistência à corrosão (MANUAL TÉCNICO, 2011).

Já os aços do tipo ferrítico são conhecidos como ligas ferro-cromo contendo de 16% a 30% de cromo, além de possuírem teor de carbono relativamente baixo. Destaca-se ainda que, conforme descrito para os aços inoxidáveis austeníticos, estes aços também não são endurecíveis por meio de tratamentos térmicos, sendo o endurecimento decorrente da ação do encruamento, ademais, estes aços são magnéticos e apresentam boa resistência à corrosão, quando submetido a meios menos agressivos (GERDAU, 2003; MANUAL TÉCNICO, 2011).

Os aços inoxidáveis do tipo martensíticos são ligas de ferro-cromo contendo de 12% a 16% de cromo e possuem um alto teor de carbono. Estes aços podem ser endurecidos por tratamento térmico e são magnéticos. Quando passam pelo processo de têmpera tornam-se duros e pouco dúcteis. Entretanto, caso passem por um recozimento perdem, parcialmente, sua resistência frente à corrosão atmosférica. Nas Tabelas 3, 4 e 5, têm-se alguns exemplos dos tipos de aços e suas principais aplicações (GERDAU, 2003).

Tabela 3: Aço inoxidável do tipo austenítico

Tipo	Aplicação
AISI 301	Fins estruturais; correias transportadoras; utensílios domésticos; ferragens; diafragmas; adornos de automóveis; equipamentos para transporte; aeronaves; ferragens para postes; fixadores (grampos, fechos, estojos); conjuntos estruturais onde alta resistência é exigida, em aeronaves, automóveis, caminhões e carrocerias, carros ferroviários.
AISI 304	Utensílios domésticos; fins estruturais; equipamentos para indústria química e naval; indústria farmacêutica; indústria têxtil; indústria de papel e celulose; refinaria de petróleo; permutadores de calor; válvulas e peças de tubulações; indústria frigorífica; instalações criogênicas e outros.
AISI 304L	Tanques de pulverização de fertilizantes líquidos; tanques para estoque de massa de tomate; carros ferroviários e outros.
AISI 316	Peças que exigem alta resistência à corrosão localizada; equipamentos de indústrias químicas, farmacêuticas, têxteis, de petróleo, de papel e celulose, de borracha; peças e componentes diversos usados na construção naval; equipamentos criogênicos; cubas de fermentação; instrumentos cirúrgicos.
AISI 316L	Peças de válvulas; bombas; tanques; evaporadores e agitadores; equipamentos têxteis; condensadores; peças expostas à atmosfera marítima; adornos; tanques soldados para estocagem de produtos químicos e orgânicos; bandejas; revestimento para fornos de calcinação.

Fonte: MANUAL TÉCNICO, 2011.

Tabela 4: Aço inoxidável do tipo ferrítico

Tipo	Aplicação
AISI 409	Sistema de exaustão de veículos automotores; tanques de combustível; banco de capacitores.
AISI 430	Adornos de automóveis; calhas; máquinas de lavar roupa; revestimento da câmara de combustão para motores diesel; equipamentos para fabricação de ácido nítrico; fixadores; aquecedores; portas para cofres; moedas; pias e cubas; baixelas; utensílios domésticos; revestimentos de elevadores.

Fonte: MANUAL TÉCNICO, 2011.

Tabela 5: Aço inoxidável do tipo martensítico

Tipo	Aplicação
AISI 420	Cutelaria; instrumentos hospitalares, cirúrgicos e dentários; réguas; medidores; engrenagens; eixos; pinos; rolamentos de esferas; discos de freio.

Fonte: MANUAL TÉCNICO, 2011.

3.3.4 Composição química típica dos aços inoxidáveis e seus agentes corrosivos

Os aços inoxidáveis se apresentam em diferentes tipos que podem ser pela composição química e suas concentrações. Na Tabelas 6, 7 e 8 a seguir são apresentados os principais tipos de aços inoxidáveis com as respectivas composições químicas a que se referem (MANUAL TÉCNICO, 2011).

Na tabela 6 são apresentados os principais tipos de aço inoxidável austenítico e sua composição. E quando se compara com os demais tipos que estão sendo descritos na Tabela 7 e 8, é possível notar que o aço inoxidável austenítico possui o Níquel em sua composição. Tal substância oferece melhor resistência à corrosão, melhor tenacidade e melhor resistência a altas e baixas temperaturas (HORIZONTE, 2022)

Tabela 6: Composição química típica dos principais aços inoxidáveis austeníticos

Tipo	Composição Química (%)								
	C máx.	Mn máx.	Si máx.	P máx.	S máx.	Cr	Ni	Mo	N2 máx.
301	0,15	2,00	1,00	0,045	0,030	16 a 18	6,0 a 8,0		0,10
304	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18 a 20	8,0 a 10,5		0,10
304L	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	18 a 20	8,0 a 12,0		0,10
316	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	16 a 18	10,0 a 14,0	2 a 3	0,10
316L	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	16 a 18	10,0 a 14,0	2 a 3	0,10

Fonte: MANUAL TÉCNICO, 2011.

Tabela 7: Composição química típica dos aços inoxidáveis ferríticos AISI 409 e AISI 430

Tipo	Composição Química (%)						
	C máx.	Mn máx.	Si máx.	P máx.	S máx.	Cr	Ti máx.
409	0,08	1,00	1,00	0,045	0,045	10,50 a 11,75	0,75
430	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00 a 18,00	

Fonte: MANUAL TÉCNICO, 2011.

Tabela 8: Composição química típica do aço inoxidável martensítico AISI 420

Tipo	Composição Química (%)					
	C máx.	Mn máx.	Si máx.	P máx.	S máx.	Cr
420	0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	12,00 a 14,00

Fonte: MANUAL TÉCNICO, 2011.

Apesar dos aços inoxidáveis possuírem uma resistência à corrosão elevada em comparação a outros metais, existem meios agressivos a estes aços inoxidáveis, permitindo a possibilidade de sofrerem algum tipo de corrosão, podendo prejudicar de alguma forma sua característica intrínseca como a sua durabilidade (WALLINDER, 2002; BAKER, 1990; ASAMI, 2003).

A corrosão atmosférica na grande maioria destes aços inoxidáveis, quando inspecionados visualmente, não demonstra causar danos que afetem sua estética de modo que requeira sua substituição. Tal fato explica a alta resistência à corrosão destes aços. Entretanto, em atmosferas marítimas onde a presença de cloretos é marcante, o aparecimento e avanço da corrosão por pites fica evidenciado (JAPAN, 1998).

Em atmosferas onde a presença de SO₂, NO_x, CO e materiais particulados tem presença marcante, eles contribuem como fontes de corrosão, por provocarem o decréscimo da resistência à corrosão (JAPAN, 1998), uma vez que essas presenças podem ser combinadas com a umidade, ocasionando nos surgimentos moléculas como H₂SO₄ e HNO₃, elevando a agressividade do meio. Isto quer dizer que a corrosividade é potencializada pela presença destes particulados, criando depósitos adsorventes, permitindo uma conversão em ácidos sobre o material metálico causando a corrosão nesses aços. A seguir pode-se acompanhar algumas das possíveis reações mencionadas (JAPAN, 1998 e CODARO; ACCIARI, 2013). Entretanto, no presente trabalho as reações se deram por meio aquoso e não gasoso.

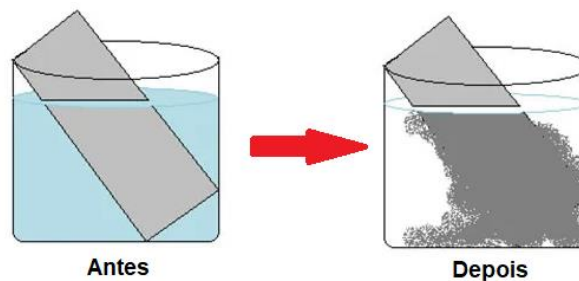
- $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_3^-(\text{aq})$
- $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$
- $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{lenta}} \text{SO}_3(\text{g})$
- $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{HSO}_4^-(\text{aq})$
- $\text{NO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{rápida}} \text{NO}_2(\text{g})$
- $3\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{NO}(\text{g})$

3.3.5 Aço inoxidável e os meios de corrosão

A corrosão de qualquer material está diretamente ligada a um processo químico que ocorre de forma espontânea, em determinado material quando fica exposto em algum meio corrosivo, possibilitando a deterioração e conseqüentemente perda de suas propriedades. A deterioração corrosiva é um fenômeno que pode ser classificado em 3 tipos, sendo eles: corrosão eletroquímica, química e eletrolítica (TEBECHERANI, 2013).

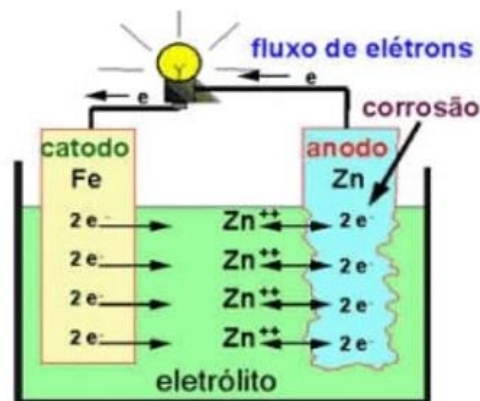
A corrosão química acontece quando o material está em contato direto com o agente corrosivo, ou seja, não é necessário um eletrólito como observado na figura 7. Já a corrosão eletroquímica é quando acontece uma reação redox, assim, permitindo a ocorrência de uma troca de elétrons entre o elemento químico presente no material e o meio em que este está inserido. Essa troca é promovida pelo eletrólito (uma solução aquosa), cujo modelo está representado na figura 8. Por fim, a corrosão eletrolítica é um tipo de corrosão que não acontece espontaneamente, sendo necessária a aplicação de uma corrente elétrica externa (CORROSÃO, 2021).

Figura 7: Modelo de corrosão química



Fonte: adaptado FOGAÇA, 2022.

Figura 8: Modelo de corrosão eletroquímica



Fonte: CORROSÃO, 2021.

Sabe-se que à degradação de materiais metálicos, como os que apresentam alumínio, zinco, níquel, estanho, aço carbono, ferro fundido, cobre e chumbo, alguns materiais que se submeteram a análise com álcool etílico hidratado e cloro obtiveram deterioração das propriedades. Além disso, o zinco é o que apresenta a mais rápida deterioração. Entretanto, sabe-se que a água tem influência na corrosão dos materiais, pois dependendo da concentração dela, a velocidade de corrosão pode ser alterada (AMARAL,1984 ; MORA *et all*, 2010).

Os aços inoxidáveis são um dos tipos de aços que apresentam o melhor desempenho em relação à corrosão. Na figura 9 estão listadas as respostas de diferentes tipos de aços inoxidáveis em função dos meios, embora que mesmo naqueles meios considerados resistentes, os aços inoxidáveis poderão ainda sofrer algum tipo de deterioração. Os principais tipos de corrosão são: I) Uniforme II) Pite III) Intersticial IV) Galvânico V) Intergranular VI) Fragilização por corrosão sob tensão (TEBECHERANI, 2013).

Figura 9: Meios em que os aços inoxidáveis demonstram resistência a corrosão

RESISTÊNCIA À CORROSÃO RELATIVA. (CONFORME NBR 6847/81)

QUALIDADE	ATMOSFERA BRANDA E	ATMOSFERA		ÁGUA SALGADA	QUÍMICA		
		ÁGUA	INDÚST.		MARINHA	BRANDA	OXIDANTE
GERDAU	AISI						
416	416	X					
410	410	X				X	
420	420	X					
420C	420	X					
430	430	X	X			X	X
302	302	X	X			X	X
303	303	X	X	X		X	
304	304	X	X	X		X	X
304L	304L	X	X	X		X	X
316	316	X	X	X	X	X	X
316L	316L	X	X	X	X	X	X
310	310	X	X	X		X	X

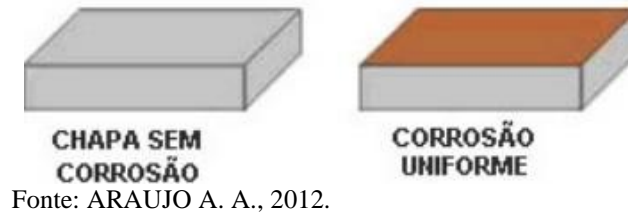
Nota: O "X" indica que um tipo específico pode ser considerado resistente aquele meio corrosivo.

Fonte: GERDAU, 2003.

A corrosão uniforme acontece quando o filme passivo, presente na superfície de um material, é destruído por um meio agressivo. Na figura 10 está esquematizado esse processo.

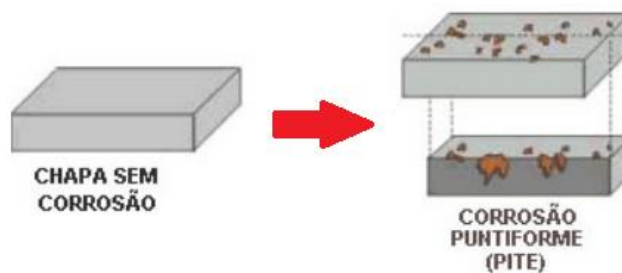
Geralmente ocorre em aços carbono sem nenhum tipo de proteção, embora o aço inoxidável seja resistente, quando submersos nestes meios agressivos possibilita sua depreciação (ABINOX, 2010).

Figura 10: Corrosão uniforme



A corrosão por pite ocorre de forma localizada, ou seja, é quando o processo corrosivo se dá em determinados locais e não em toda extensão da superfície. Este tipo de corrosão promove a ocorrência de poros abertos (buracos, furos) na superfície de um material, podendo ser visualizado na figura 11. Este fenômeno inicia-se nas irregularidades superficiais do material ou quando existem inclusões não metálicas em sua superfície. Sua propagação é feita através das reações eletroquímicas na cavidade, lembrando-se que estas cavidades não serão afetadas pela repassivação no local. Além disso, é crucial ressaltar que a concentração de cloretos e a temperatura são variáveis que influenciam no processo de forma significativa (ABINOX, 2010; ARAUJO, A. A, 2012).

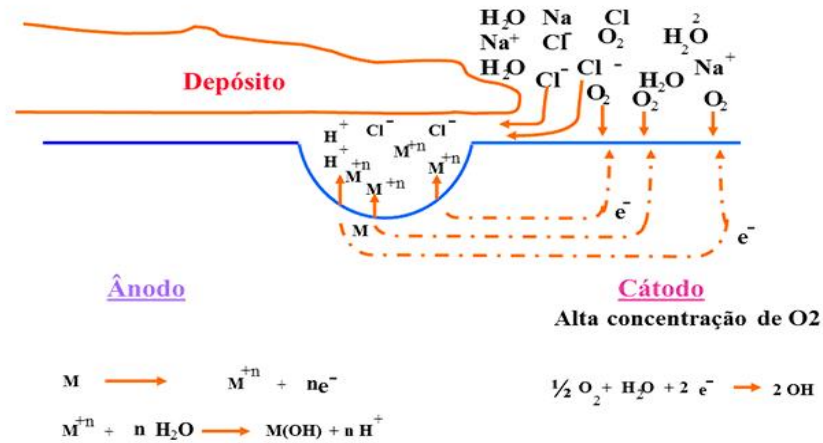
Figura 11: Corrosão por pite



A corrosão que acontece nas frestas, mais conhecida como corrosão intersticial, é visualizada quando a corrosão surge em locais confinados, tais espaços ainda possuem o acesso limitado do fluido de trabalho no ambiente (figura 12). Inicia-se, quando o oxigênio fica ausente no interior da cavidade. Deste modo, nesta fresta ocorrem reações eletroquímicas resultando no

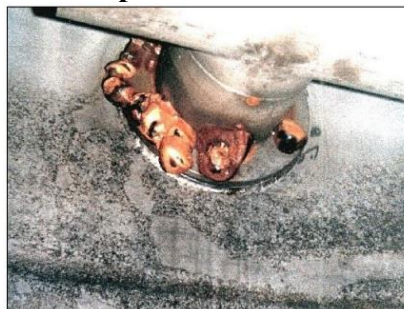
aumento da concentração de Cl^- , reduzindo o pH local, ocasionando o impedimento da passivação no local, gerando assim corrosão uniforme (ABINOX, 2010).

Figura 12: Exemplo de corrosão intersticial



O próximo tipo é a corrosão galvânica, na qual é possível acontecer quando dois metais, que possuem potenciais galvânicos muito distantes, estão em contato. Desta forma, o metal mais anódico é fragilizado (sobre o ataque). Seu mecanismo assemelha-se à uma pilha (reação eletroquímica). A figura 13 é um exemplo clássico do cotidiano; quando um aço inoxidável é unido a parafusos comuns, sendo esta união na presença de umidade. O material mais anódico sofrerá o ataque, assim como em uma pilha (ABINOX, 2010).

Figura 13: Exemplo de uma corrosão galvânica

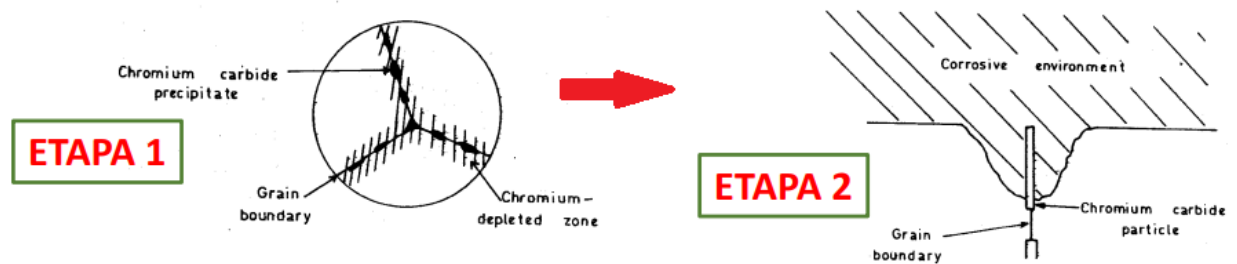


Fonte: ABINOX, 2010.

Já a corrosão intergranular ocorre quando há a formação de carbonetos de cromo (Fe, Cr) nos contornos dos grãos, como observado na figura 14. Isso acontece quando é reduzida a quantidade de cromo, tornando assim, essa região empobrecida de cromo (Cr), uma região anódica. Ademais, esta redução da quantidade de Cr faz com que a estabilidade da camada passiva diminua. Isto é, quando o material possui alto teor de carbono e que não possui a

utilização de estabilizantes (Ti, Nb e Zr) para prender o carbono e impossibilitar a formação de um precipitado (ABINOX, 2010 FALLEIROS, N. A, 2012).

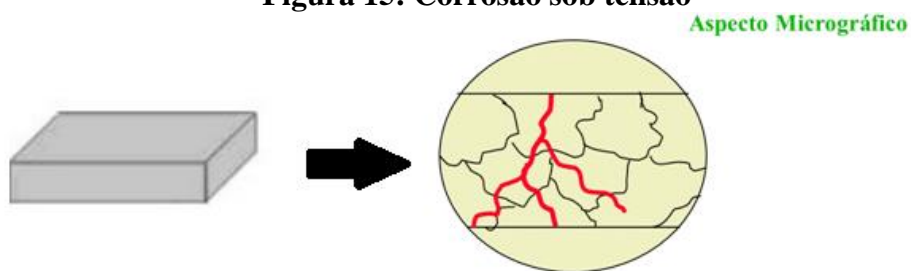
Figura 14: Corrosão intergranular



Fonte: FALLEIROS N. A., 2012.

Além disso, há também a corrosão por fragilização sob tensão, ou seja, quando ocorre a fragilização súbita do material, sem o aparecimento de qualquer falha e/ou quando neste material não há sinais de ocorrência de deformação plástica (figura 15). Este fenômeno acontece quando a peça é submetida a um esforço mecânico, seja por uma carga aplicada ou por uma tensão residual. Além disso, esse fenômeno pode acontecer também, caso fosse submetido a um meio que é extremamente agressivo (apresenta alto teor de cloreto e temperaturas acima de 50°C), ou simplesmente quando o aço inoxidável não possui uma resistência suficientemente em relação à corrosão sob tensão (ABINOX, 2010).

Figura 15: Corrosão sob tensão

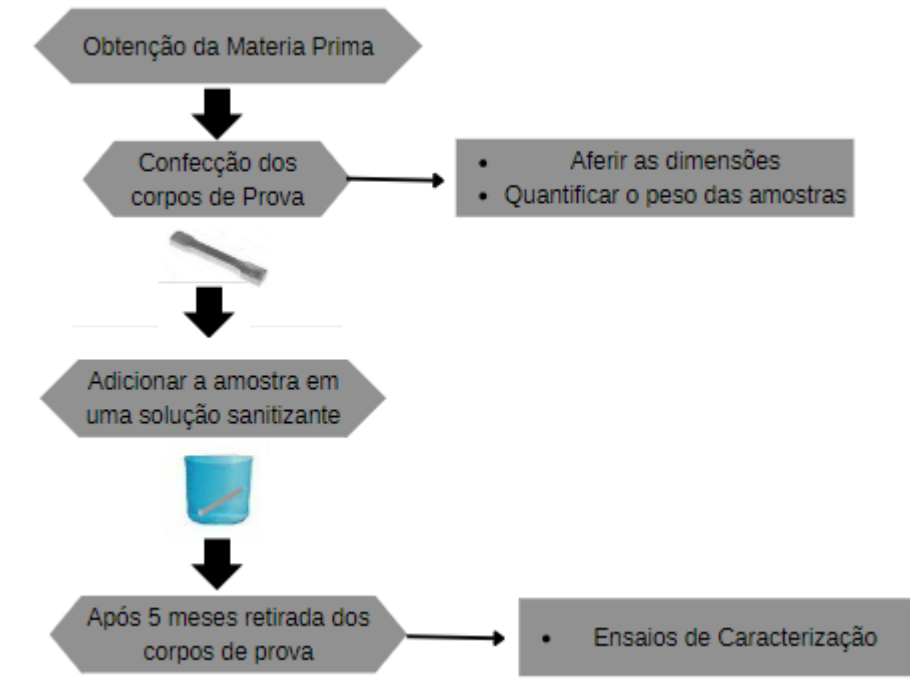


Fonte: Adaptado de ABINOX, 2010 e ARAUJO A. A, 2012.

4 MATERIAIS E METODOS

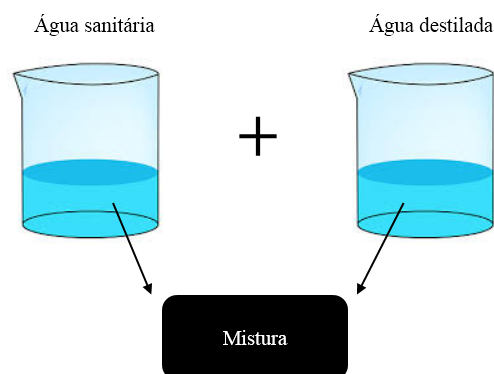
O fluxograma previsto para este trabalho está demonstrado na figuras 16 a 19, exibindo de forma geral cada etapa do estudo. Resaltando, que detalhes experimentais de cada etapa deste fluxograma serão descritos ao longo deste trabalho.

Figura 16: Fluxograma Geral



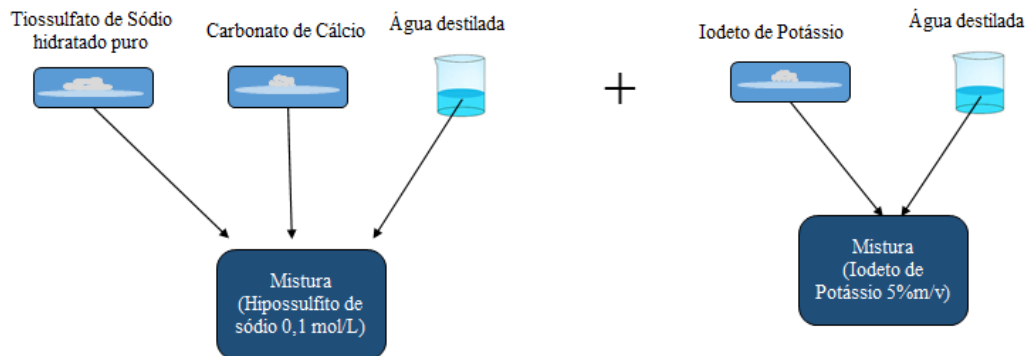
Fonte: Próprio autor

Figura 17: Fluxograma da diluição dos sanitizantes



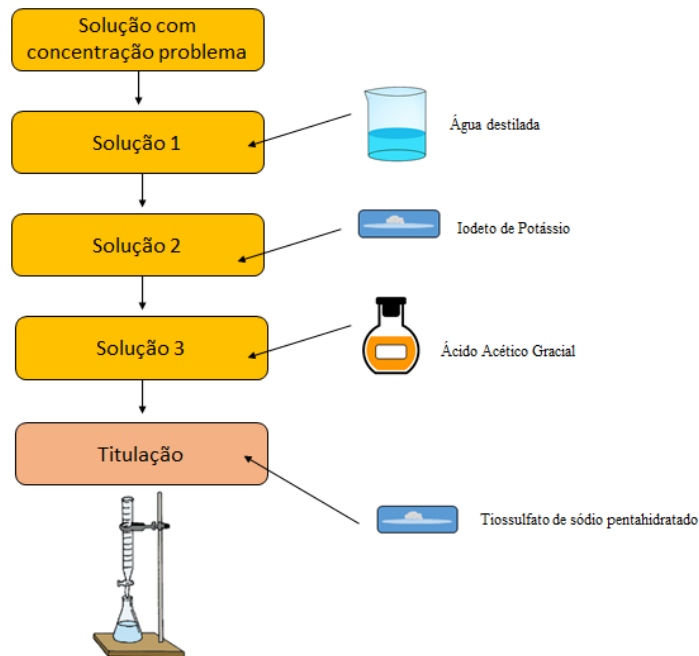
Fonte: Próprio autor

Figura 18: Fluxograma da obtenção dos titulantes



Fonte: Próprio autor.

Figura 19: Fluxograma do processo de titulação



Fonte: Próprio autor.

4.1 Material

Este trabalho utilizou chapas de aço inoxidável austenítico AISI 304 com espessura de 1,0mm.

4.2 Corpos de prova de tração

Corpos de prova para o ensaio de tração foram confeccionados por meio de corte por jato d'água com uso do equipamento Maxiém Waterjets sob pressão de trabalho igual a 48kPsi, mediante uso de um abrasivo composto por pó de Al_2O_3 , além de diamante industrial, de modo

a atender os requisitos previstos pela norma ASTM E-8, no total serão utilizados 12 corpos de prova de tração para a caracterização mecânica do aço AISI 304 no estado como recebido e após a imersão nas soluções sanitizantes.

4.3 Procedimentos Experimentais

4.3.1 Ensaio de tração

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina universal de ensaios Instron 5982 com capacidade de 100kN, sistema de aquisição de dados Blue Hill 3 e com a utilização de extensômetro mecânico, do tipo agulhas.

Neste caso, foram feitas as medições de parâmetros de resistência mecânica: tensão limite de escoamento, LE (MPa), tensão limite de resistência à tração, LRT (MPa), de ductibilidade e alongamento uniforme, AU (%). Resaltando que o ensaio foi feito até o início da estricção.

4.3.2 Preparação e obtenção das soluções sanitizantes

As soluções foram obtidas no Laboratório de Biomateriais do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Para a preparação destas soluções foi considerado o fato de a solução de hipoclorito de sódio ser vendida comercialmente com a concentração de 2,5%. Desta forma, foram feitas diluições desta solução comercial, assim como o uso desta como agente sanitizante com uso da equação 1:

$$2,5\%V = \text{Concentração a ser preparada} \times 1000\text{mL} \quad (1)$$

sendo que:

V = é o volume necessário de NaClO para o preparo

A produção da solução de 2,0% de hipoclorito de sódio exigiu 292 mL da solução comercial de 2,5% de água sanitária, em um balão volumétrico de 1 litro. Após isso, serão inseridos 73mL de água para a diluição do material, após a realização da mistura, a solução foi armazenada em um recipiente escuro. O cálculo do volume de NaClO considera a seguinte relação:

$$2,5\% V = 2,0\% \times 365\text{mL}$$

$$2,5V = 730\text{mL}$$

$$V = 730/2,5\text{mL}$$

$$V = 292\text{mL de NaClO}$$

Já a produção da solução de 1,5% de hipoclorito de sódio exigiu que fosse pipetados 219 mL da solução comercial de 2,5% de água sanitária, em um balão volumétrico de 1Litro. Após isso, foram inseridos 146 mL de água para a diluição do material, após a realização da mistura, a solução foi armazenada em um recipiente escuro. Neste caso, o cálculo do raciocínio (volume de NaClO) foi do seguinte modo:

$$2,5\% V = 1,5\% \times 365\text{mL}$$

$$2,5V = 547,5\text{mL}$$

$$V = 547,5/2,5\text{mL}$$

$$V = 219\text{mL de NaClO}$$

Para a produção da solução de 1,0% de hipoclorito de sódio utilizou-se 146 mL da solução comercial de 2,5% de água sanitária, em um balão volumétrico de 1Litro. Após isso, foram inseridos 219mL de água para a diluição do material. Após a realização da mistura, a solução também foi armazenada em um recipiente escuro. Para esta condição o volume de NaClO foi feito do seguinte modo:

$$2,5\% V = 1,0\% \times 365\text{mL}$$

$$2,5V = 365\text{mL}$$

$$V = 365/2,5\text{mL}$$

$$V = 146\text{mL de NaClO}$$

Finalmente a obtenção da solução de 0,5% de Hipoclorito de Sódio, deu-se a partir de 73 mL da solução comercial de 2,5% de água sanitária, em um balão volumétrico de 1Litro. Após isso, foram inseridos 292mL de água para a diluição do material, após a realização da mistura, a solução foi armazenada em um recipiente escuro. Por fim, para esta última condição, o volume de NaClO será feito do seguinte modo:

$$2,5\% V = 0,5\% \times 365\text{mL}$$

$$2,5V = 182,5\text{mL}$$

$$V = 182/2,5\text{mL}$$

$$V = 73 \text{ mL de NaClO}$$

4.3.3 Importância da titulação

Na determinação da concentração de hipoclorito de sódio de cada solução foi necessária a realização de uma titulação. Tal processo é realizado quando é necessário determinar a concentração de uma solução através da utilização de outra solução, com concentração definida, a chamada solução padrão.

4.3.4 Titulantes

Para estes experimentos foram utilizados o tiosulfato de sódio 0,1 mol/L. Sendo esta solução de tiosulfato de sódio 0,1mol/L, também reconhecida como hipossulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_3\text{O}_4$), Além disso, foi utilizado o Iodeto de Potássio (KI) a 5%. (BARBOSA; DANIEL, e MATOS, 2018)

4.3.5 Obtenção dos Titulantes

A preparação do tiosulfato de sódio foi feita da seguinte forma: primeiramente foram dissolvidos cerca de 24,82 g de tiosulfato de sodio hidratado puro e 0,2 g de carbonato de calcio (CaCO_3) em um recipiente que contenha 1 litro de água destilada depois é armazenada em um recipiente escuro. Entretanto, neste trabalho, o tiosulfato de sódio 0,1N utilizado, foi adquirido pela empresa “SUFAL Quimica” e nele continha a análise química que mostra que a solução estava condizente com a concentração rotulada.

Já para a preparação do Iodeto de Potássio (KI) a 5%, necessitou da dissolução de 25g deste iodeto de potássio em 500 mL de água destilada, após esta diluição, a solução produzida foi armazenada em um frasco escuro.

4.3.6 Processo de Titulação

A titulação das soluções que foram propostas para este trabalho ocorreu da mesma maneira, Primeiramente foram transferidos 5 mL de solução problema, isto é, a solução é a qual se deseja determinar sua concentração. Para tanto, foi utilizada uma pipeta volumétrica e um balão volumétrico. Quando esta solução é inserida no balão volumétrico por meio de uma pipeta, são então adicionados 100 mL de água destilada no balão. Depois, 10 mL dessa mistura foram encaminhada ao erlenmeyer, ressaltando que a titulação foi feita em triplicada. Em seguida, 30 mL da solução de Iodeto de potássio de 5% foram adicionados aos erlenmeyers, na qual, instigou uma mudança na coloração da solução para a cor laranja amarelada. Posteriormente, foram adicionados 10 mL de ácido acético glacial (CH_3COOH) aos erlenmeyers, o que ocasiona uma coloração mais intensa na solução, lembrando que ao adicionar este ácido ocorre a formação de iodo aquoso ($\text{I}_2 \text{aq}$).

Por fim, utilizou-se uma bureta com a solução titulante de tiosulfato de sódio a 0,1 mol/L ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), que foi anexada a um suporte universal através do uso de uma garra. Abaixo dela terá o erlenmeyer com a solução problema. (IODOMÉTRICO)

Antes do procedimento propriamente dito, a bureta que foi utilizada passou por um processo de ambientação, este processo é necessário para retirar qualquer solução inadequada que pode estar contida na bureta e que vá gerar problemas na titulação. A solução usada para a ambientação será $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Logo após esta ambientação, a bureta foi preenchida totalmente com a solução de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, em seguida irá começar seu gotejamento de forma lenta até que aja uma mudança de coloração na solução em que desejamos descobrir sua concentração, ou seja, de laranja amarelado para um transparente. Lembrando-se que durante o gotejamento a solução problema (solução que não sabemos a concentração) é mantida em agitação lenta para deixar a verificação mais precisa. Em seguida, foi registrado o volume da solução presente na bureta que foi consumido na titulação (MANUAL, 2022).

Após a preparação destas soluções foi feita a imersão dos corpos de prova de tração nestas soluções sanitizantes por 5 meses, de modo a se assemelhar a uma condição real de uso deste material em um ambiente hospitalar. Além disso, foi realizada uma titulação antes da submersão das amostras para a comprovação da concentração do cloro.

As amostras adquiridas foram então submetidas ao ensaio de tração para a caracterização mecânica do aço AISI 304 e em seguida à análise microestrutural por meio de microscopia óptica para investigar a presença de pontos de corrosão.

4.4 Preparação microestrutural

A amostra de aço inoxidável AISI 304 foi encaminhada ao aço a tesoura guilhotina da marca NEWTON do modelo TM. Neste equipamento a amostra foi posicionada na área de corte e foi fixada, evitando o deslocamento da peça durante o corte, para acionar o mecanismo de corte, utilizou-se um esforço mecânico (colocando pressão na alavanca do equipamento), desta forma provocando um deslocamento da lâmina e, conseqüentemente, provocando os cortes de aproximadamente 10 milímetros de largura e comprimentos, para que em seguida se utiliza-se o embutimento a frio.

O embutimento a frio se dá quando se usam resinas sintéticas de polimerização rápida. Tais resinas são auto polimerizáveis. Este processo consiste na utilização conjunta de duas substâncias formando um fluido viscoso quando misturadas. Neste processo é inserido ao fundo de um molde plástico a amostra na qual será submetida aos processos de desbaste (lixamento e polimento), posteriormente é adicionado as substâncias necessárias para a formação do fluido, que neste caso foi a resina de acrílico e um catalisador auto polimerizante, estas substâncias foram utilizadas em camadas, sendo nesta sequência, primeiro o acrílico e depois o catalisador. A reação de polimerização, nesta operação de embutimento a frio é exotérmica. Logo, liberando energia, na forma de calor. Após seu resfriamento, a amostra embutida é retirada de seu molde e encaminhadas aos processos de desbaste.

Após o embutimento, as amostras foram lixadas manualmente com lixas de #120mesh, #240mesh, #320mesh, #400mesh e #600mesh, e polidas com pasta de diamante de granulometria de 9 μ m e de 3 μ m para obtenção de uma superfície com acabamento espelhado.

Após estas etapas, o corpo de prova foi mergulhado em uma solução de água régia preparada em 3 volumes de ácido clorídrico concentrado e 1 volume de ácido nítrico concentrado. O ataque foi realizado em temperatura ambiente, com uma duração em média 5 a 15 segundos, até a visualização de uma superfície fosca, assim facilitando a revelação da microestrutura. Lembrando-se que o ataque foi feito dentro de uma Capela de Exaustão de Gases Buzaltos 120, para evitar os efeitos da volatilização dos reagentes para a fabricação do reativo. Após o ataque, lavou-se as amostras em água corrente para neutralização do reagente, em seguida foram lavadas com álcool etílico e secas ao ar quente. Assim, com a amostra devidamente preparada, inicia-se a verificação com o auxílio de microscópio ótico da Fortel do modelo Kontrol. Entretanto, as amostras que foram levadas ao microscópio foram as que estavam no estado recebido e a que foi submersa na concentração de 1,5% de hipoclorito de sódio, pois esta última

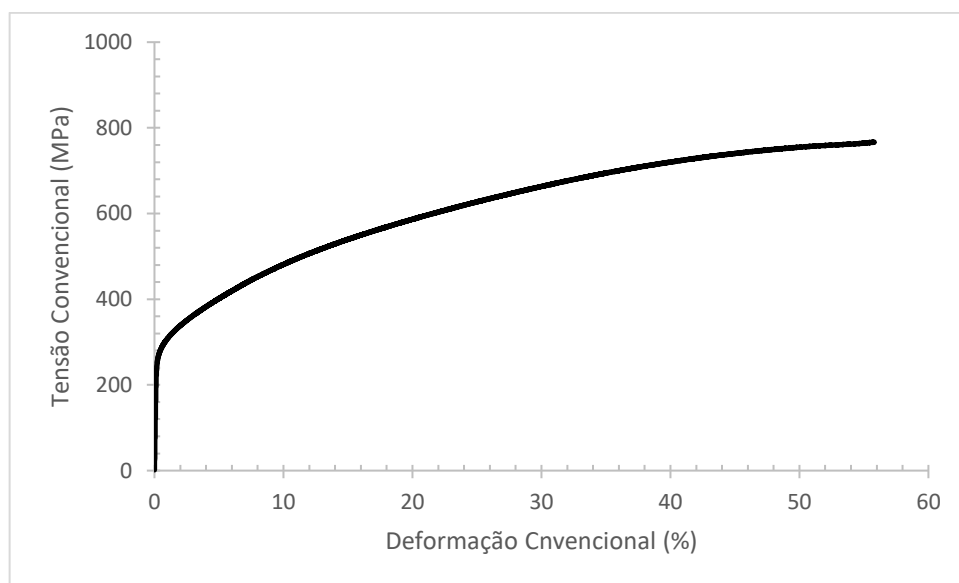
foi a que apresentou um desgaste mais acentuado visualmente, em relação as demais (ABCFERRAZ).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Comportamento Mecânico

A curva tensão-deformação convencional do aço AISI 304 no estado como recebido (sem contato com os meios sanitizantes) é mostrada na figura 20.

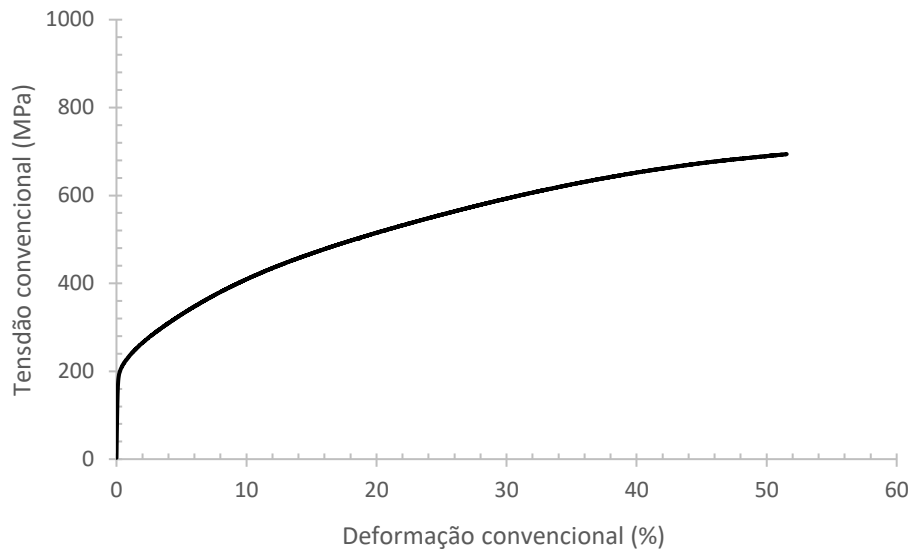
Figura 20: Curva tensão-deformação convencional aço AISI 304 no estado como recebido.



Fonte: Próprio autor.

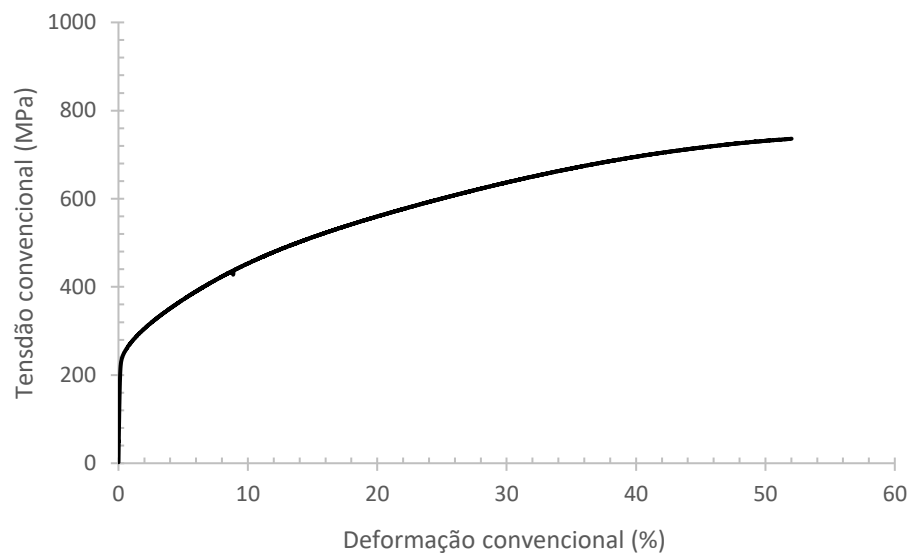
De modo análogo, fez-se a montagem das curvas tensão-deformação convencional para as amostras submetidas à ação das soluções sanitizantes com concentrações de 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0% e 2,5%, figuras 21 a 25.

Figura 21: Dados referentes ao ensaio de tração da amostra submetida a uma concentração de 0,5% de sanitizante.



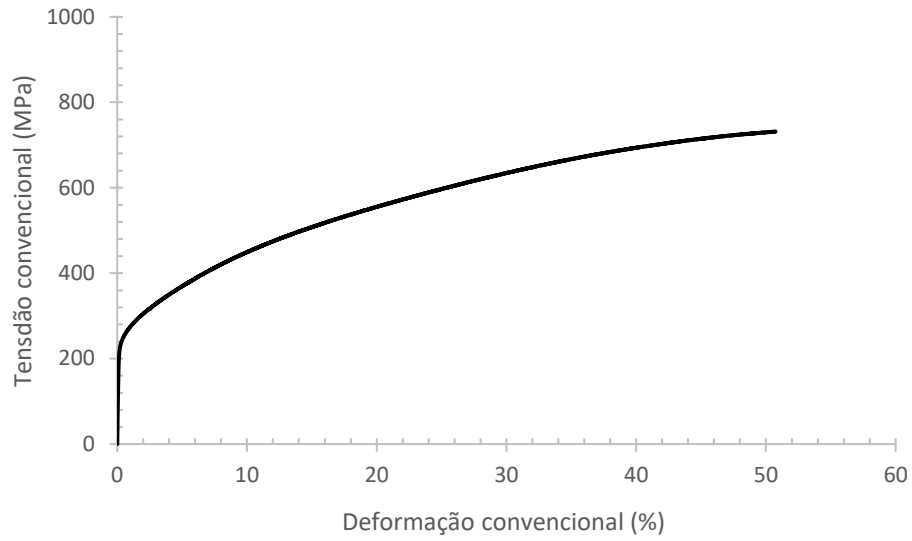
Fonte: Próprio autor.

Figura 22: Dados referentes ao ensaio de tração da amostra submetida a uma concentração de 1,0% de sanitizante.



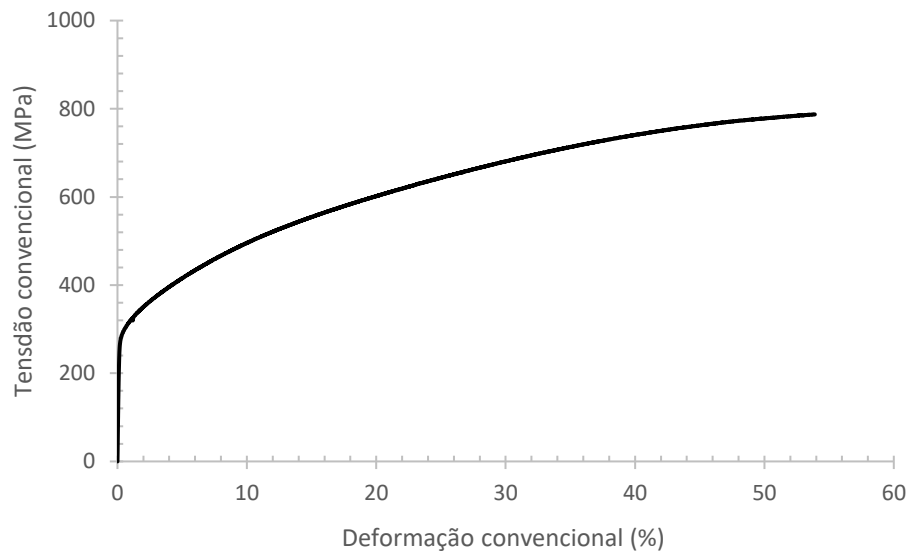
Fonte: Próprio autor.

Figura 23: Dados referentes ao ensaio de tração da amostra submetida a uma concentração de 1,5% de sanitizante.



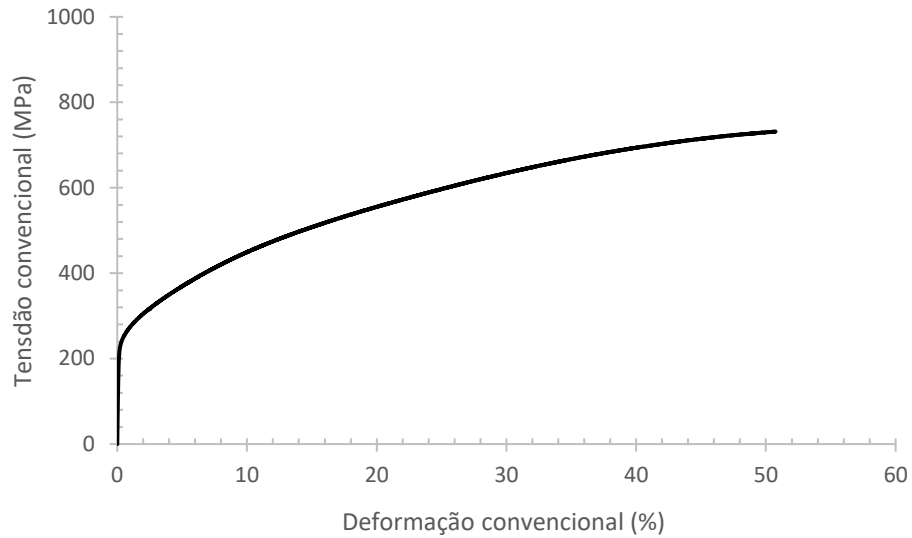
Fonte: Próprio autor.

Figura 24: Dados referentes ao ensaio de tração da amostra submetida a uma concentração de 2,0% de sanitizante.



Fonte: Próprio autor.

Figura 25: Dados referentes ao ensaio de tração da amostra submetida a uma concentração de 2,5% de sanitizante.



Fonte: Próprio autor.

Com base nos resultados, foi elaborada a Tabela 9, propiciando uma comparação das propriedades mecânicas para cada condição investigada.

Tabela 9: Comparação dos Parâmetros Mecânicos

Amostra	Tensão limite de escoamento, LE (MPa)	Tensão limite de resistência à tração, LRT (MPa)	Alongamento Uniforme, AU (%)
Recebido	241	785	59
Submetido a 2,5% solvente	240	739	53
Submetido a 2,0% solvente	290	787	53
Submetido a 1,5% solvente	240	739	53
Submetido a 1,0% solvente	242	741	53
Submetido a 0,5% solvente	200	699	53

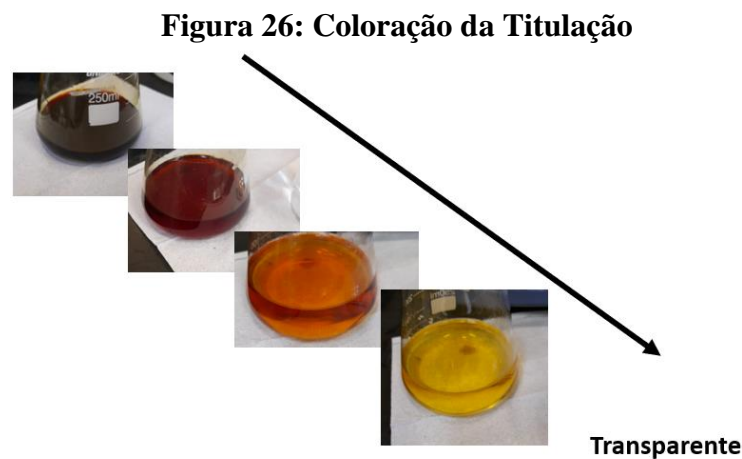
Fonte: Próprio autor.

Observa-se a tendência de queda da resistência mecânica e da ductilidade do aço AISI 304 de modo mais destacado para a solução de menor concentração, percebendo que a mudança da concentração da solução sanitizante não influenciou no valor da ductilidade de modo significativo.

A queda da resistência mecânica pode ser associada ao fato de que com a redução da concentração da solução sanitizante existe a tendência de corrosão devido a presença do ânion agressivo no meio, favorecendo a formação de pontos de corrosão por pites na região do contorno de grão (CARNEIRO, L. H. C; 2014). Tal corrosão gera espaços vazios no material favorecendo a propagação de trincas.

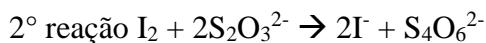
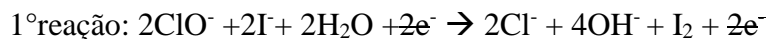
5.2 Avaliação da Corrosão após Imersão em Meios Sanitizantes

No processo de titulação foi possível visualizar a mudança de coloração das soluções, que pode ser visualizado na figura 26, mostrando que houve reação de oxi-redução.



Fonte: Próprio autor.

A água sanitária possui como produto ativo o hipoclorito de sódio (NaClO) que em contato com a solução de iodo possibilita a ocorrência de uma oxirredução (COUTRIM, M. X; 2017):



Quando ocorre a formação de OH^{-} , e esta formação entra em contato com o Na^{+} liberado pelo hipoclorito de sódio, forma $\text{NaOH}(\text{aq})$, que possui uma coloração incolor.

Na titulação foi comprovado que a concentração de cloro era de aproximadamente 2,52% m/v, o que afirma a concentração comercial do sanitizante que foi utilizado.

Alguns dos corpos de prova de tração que foram inseridos nas soluções sanitizantes são exibidos na figura 27.

Figura 27: Corpos de prova de tração antes do ensaio de imersão em solução sanitizante.



Fonte: Próprio autor.

A massa dos corpos de prova de tração (identificados por meio de números) foi aferida antes e após a imersão nas soluções sanitizantes, com o auxílio de uma balança analítica Uni Bloc marte AUW220D, onde na Tabela 10 serão exibidos os resultados deste procedimento.

Tabela 10: Massa das amostras antes e após sua imersão

Amostra	Massa inicial (g)	Massa final(g)
1	15,1825	15,1889
2	15,1459	15,1460
3	15,1489	15,1486
4	15,1746	15,1743
5	15,0798	15,0407
6	15,1689	15,1259
7	15,1582	15,1590
8	15,1119	15,1128
9	15,1016	15,1033
10	15,1635	15,1647

Fonte: Próprio autor.

É possível observar um aumento de massa de algumas amostras, isso é explicado talvez pela ocorrência de alguma ineficiência da secagem, pode ter sido ocasionado pelo próprio erro da balança, uma vez que este equipamento é considerado muito sensível, ou então pela formação de precipitado. Tal precipitado pode ser a formação de cromatos ferro, isso ocorre da seguinte maneira: primeiramente o ferro do aço sofre uma oxidação, posteriormente, o cromo presente na superfície do aço se liga a este produto formando um cromato, assim reduzindo a quantidade cromo do material, resultando na formação de uma solução sólida insolúvel (GENTIL, V; 1996). Além da perda de massa de outras amostras, evidenciando a ação de um processo corrosivo.

Como foi observado na figura 28, durante o procedimento pode ter ocorrido a corrosão do material e/ou precipitações à vista desarmada, pois é possível observar pontos escuros aderidos à superfície do material, este fato pode ser explicado pela formação de um subproduto, ou seja, um precipitado, como também pode ter sido fruto da corrosão deste aço. Além disso na figura 29, foi possível observar a corrosão do material, que possui um aspecto de Pites.

Figura 28: Precipitação nas amostras



Fonte: Próprio autor.

Figura 29: Corrosão nas amostras



Fonte: Próprio autor.

Dentre os tipos de corrosão localizada que podem ocorrer neste aço podem ser citadas a corrosão por pite, em frestas, intergranular e sob tensão. Lembrando-se que o aço sofre a corrosão intergranular quando à precipitação de carbonetos de cromo (Cr_23C_6) nos contornos de grão, conseqüentemente, empobrecimento no teor de cromo numa região adjacente ao

contorno, tornando-se susceptível à corrosão naquele local. Pois os contornos de grão são regiões desordenadas, com alta densidade de defeitos, que separam grãos de diferentes orientações cristalográficas e, por isso, são locais favoráveis para a precipitação de compostos do metal (CARNEIRO, L. H. C; 2014).

A corrosão por pite ocorre em pontos ou em pequenas áreas localizadas na superfície do metal, formando cavidades e estas cavidades podem aparecer na forma de nódulos ou tubérculos. Como foi observado acima, pois a corrosão por pite dos aços inoxidáveis ocorre em solução contendo íons cloreto, brometo, hipoclorito, tiosulfato. Dessa forma, a suscetibilidade à corrosão por pite é função direta da presença do ânion agressivo no meio, pois a corrosão tem relação entre pequena área do ânodo e grande área do cátodo presente no contorno de grãos (CARNEIRO, L. H. C; 2014).

Além disso, quando o meio contém uma concentração de íons cloretos (Cl^-) menor do que 2 mol/L, observa-se apenas a formação de pites; O que foi possível ver através da amostra 3, porém quando a concentração é aumentada, nota-se a presença de vestígios de corrosão transgranular e a morfologia dos sítios corroídos se altera, agravando-se à medida que a quantidade de íons Cl^- aumenta. Esse tipo de corrosão manifesta-se, nos aços inoxidáveis, principalmente em soluções ou meios que contenha elevada concentração de íons cloreto ou sais ácidos os quais diminuem o pH do meio, acelerando a cinética de propagação e formação dos pites (ANDRADE E. P; *et al.*; 2016).

Através de (Diniz; Monnerat; Guedes;2016), foi possível fazer uma estimativa da taxa de corrosão deste material, onde é descrita pela seguinte Equação 1:

$$mpy = \frac{W * K}{A * t * D} \quad (1)$$

Sendo: W é a perda de peso por miligramas; D é a densidade do metal em g/cm^3 ; A é a área da amostra em in^2 ; T é o tempo de exposição em horas e o K é uma constante de 534

$$W=0,041\text{g} \rightarrow 41 \text{ mg}$$

$$D=7,85 \text{ g/cm}^3$$

$$A=0,0625\text{cm}^2 \rightarrow 0,01 \text{ in}^2$$

$$T=5\text{meses} \rightarrow 153 \text{ dias} \rightarrow 3672 \text{ horas}$$

$$mpy = \frac{41 * 534}{0,01 * 3672 * 7,85}$$

Mpy =75,95 milésimos de polegada/ano

Logo, resultando em uma taxa de 1,9 mm/ano.

Segundo Gentil (2011), a taxa de corrosão é separada em três grupos, tais grupos são demonstrados na Tabela 11 a seguir:

Tabela 11: Parâmetro da taxa de corrosão

Taxa de Corrosão por Milésimo de Polegada (mpy)	Grupos
< 5 mpy	São metais que apresentaram boa resistência à corrosão, podem ser classificados como bons para utilização nos meios em que foi testado
5 = < 50 mpy	Metais com alta taxa corrosiva, utilizado em ambientes que a corrosão é tolerada;
50 mpy<	Metais pouco resistentes, uso não recomendado em ambientes similares ao do teste realizado

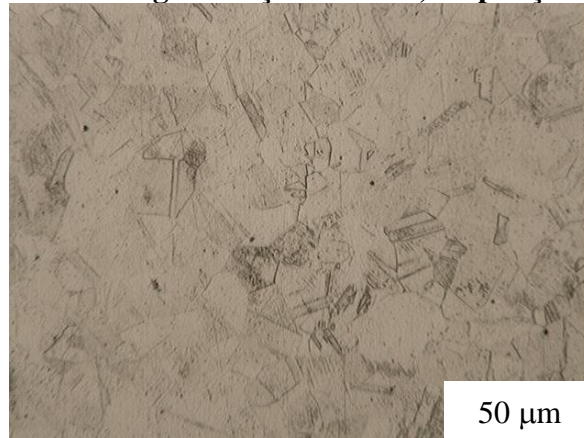
Fonte: Gentil (2011)

Com estes resultados destaca-se que para o tempo de análise e para as condições das soluções sanitizantes investigadas neste trabalho observou-se a tendência de aumento da perda de massa com a redução da concentração das soluções sanitizantes.

5.3 Caracterização Microestrutural

Ao analisar a amostra no estado como recebido percebe-se uma microestrutura típica de austenita com contornos de grão bem definidos e algumas maclas, como mostradas na figura 30 (HÁ, 2021; CHIAVERINI, 2008). Além disso é possível observar que a amostra apresentou alguns riscos, que poderiam ter sido obtidos no lixamento e polimento, durante a preparação da amostra.

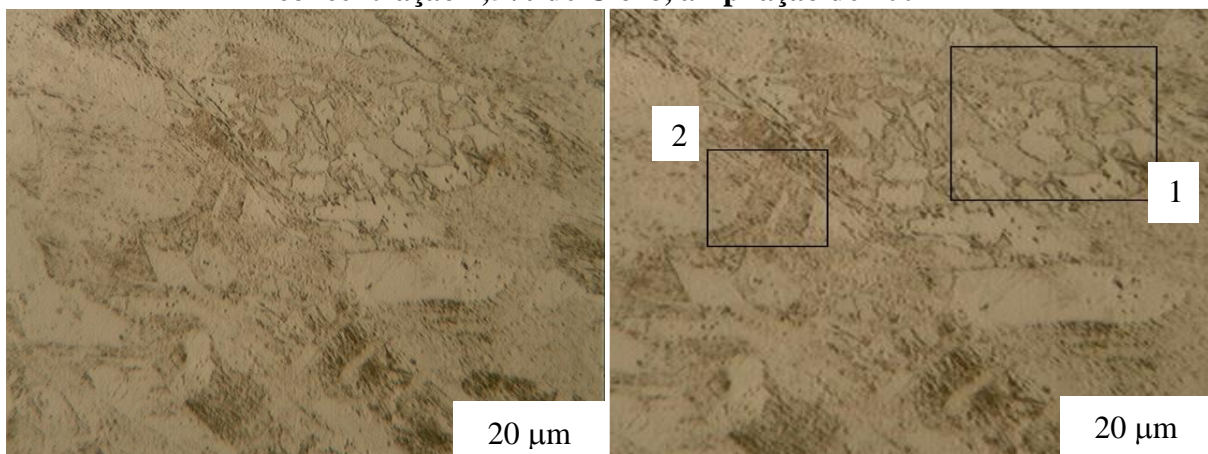
Figura 30 – Micrografia aço AISI 304, ampliação de 200X.



Fonte: Próprio autor.

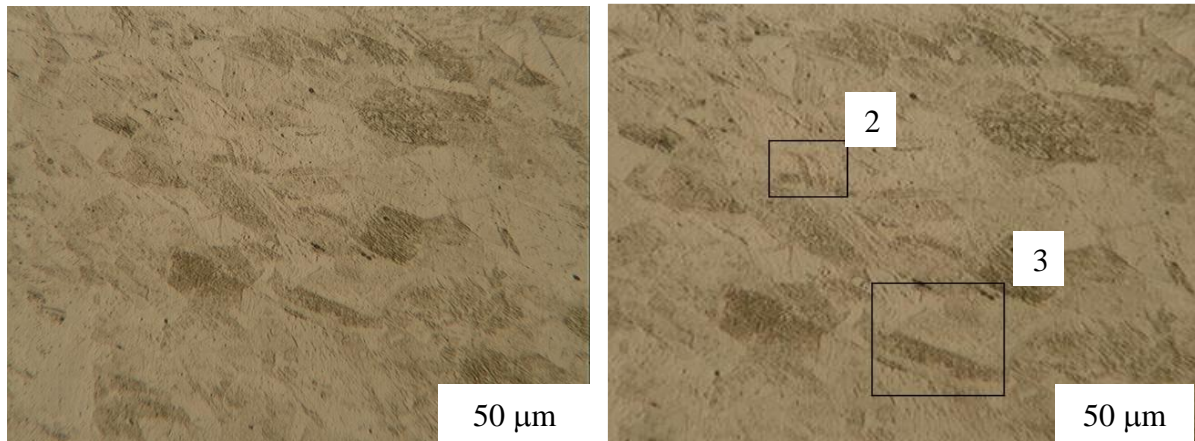
Já nas figuras 31 e 32 é possível observar a presença de martensita na micrografia, indicando que a deformação plástica por meio do ensaio de tração aplicada ao aço AISI 304 após o contato com o meio sanitizante sob concentração de 1,5% foi suficiente para a formação desse constituinte, o que também auxilia na redução da resistência à corrosão deste material. Além disso, existe a possibilidade de parte dessa redução da resistência ter sido obtida através da etapa de lixamento da amostra (LOUZADA M. Z,2022).

Figura 31– Micrografia aço AISI 304 submetido a uma solução sanitizante de concentração 1,5% de Cloro, ampliação de 400X



Fonte: Próprio autor.

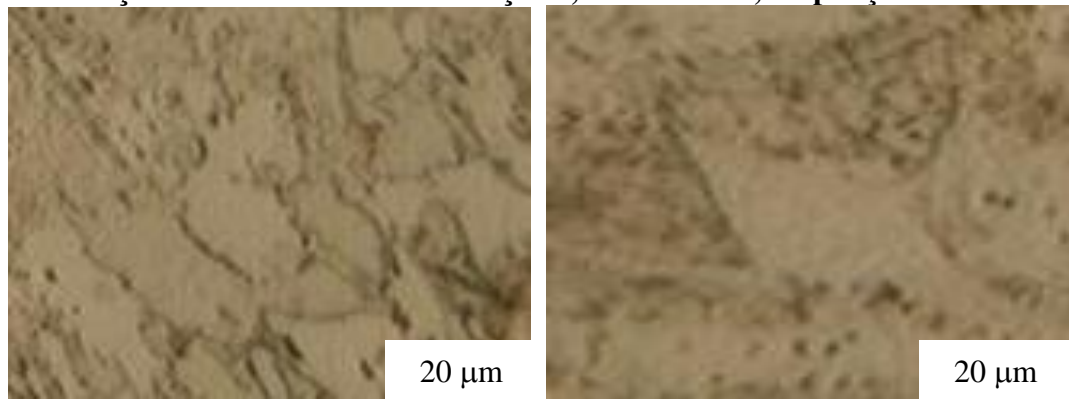
Figura 32 – Micrografia aço AISI 304 submetido a uma solução sanitizante de concentração 1,5% de Cloro, ampliação de 200X



Fonte: Próprio autor.

A técnica de metalografia utilizada também pode ser aplicada para revelar o efeito da sensitização. Pois permite investigar e caracterizar mudanças da estrutura do aço. Como pode ser visto na Figura 31, é possível na área indicada como 1 a formação de regiões mais escuras nos contornos de grão da microestrutura do aço, na qual, os envolve completamente. Este motivo pode ser o indício da ocorrência de uma corrosão intergranular devido ao empobrecimento de cromo nestas áreas (sensitização), como também pode ser o resultado de um ataque químico excessivo ou simplesmente pela formação de um precipitado conhecido como cromato, que é um inibidor anódico de corrosão. Esta substância sólida é geralmente vistas em regiões anódicas, pois é onde ocorre a oxidação. Além disso, regiões de grãos menores tendem a ser regiões anódicas. Logo, a aparição destes escurecimentos nos contornos de grão pode ter sido por causa deste motivo (GENTIL, V; 1996). Além disso, é mostrado na Figura 33 uma diferenciação na intensidade dos contornos de grão do aço AISI 304, permitindo uma melhor visualização das regiões (LOUZADA M. Z,2022). É possível observar nas áreas 2 na figura 31 e 32 a aparição de martensita, que pode ter sido adquirida através de um esforço mecânico de tração e ainda é possível observar na área 3 um alongamento do grão, reafirmando a influência de um esforço mecânico na amostra.

Figura 33– Comparação entre duas regiões da micrografia aço AISI 304 submetido a uma solução sanitizante de concentração 1,5% de Cloro, ampliação de 400X



Fonte: Próprio autor.

6 CONCLUSÕES

A imposição do aço AISI 304 à ação das soluções sanitizantes descritas neste trabalho por 5 meses revelou:

- a) a presença de corrosão por pites para o sanitizante de água sanitária diluído na concentração 1,5%, com elevada taxa de corrosão para esta condição;
- b) o efeito da concentração do solvente usado nas soluções na sensitização do aço AISI 304 à corrosão, sendo tal resultado associado à quantidade de precipitado de cromo gerado;
- c) a tendência de queda da resistência mecânica e da ductilidade deste material com a redução da concentração da solução sanitizante.

REFERÊNCIAS

ABCFERRAZ. **ENSAIO DE METALOGRAFIA: O QUE É E PARA QUE SERVE?**. São Bernardos do Campo Disponível em: <https://abcferraz.com.br/ensaio-de-metalografia-o-que-e-e-para-que-serve/>.Último acesso:03/10/2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO AÇO INOXIDÁVEL. **ABINOX: Propriedades Mecânicas**, módulo 5, 2010 .Disponível em: <https://www.abinox.org.br/site/capacitacao-treinamento-arquitetura-engenharia.php>. Acesso em: 20 ago. 2021.

AÇO inox em hospitais: saiba por que ele é o material mais adequado. Disponível em: <https://blog.palmetal.com.br/aco-inox-em-hospitais-saiba-porque-ele-e-o-material-mais-adequado/>. Acesso em: 20 jul. 2021.

AÇO inox na indústria hospitalar. Disponível em: <http://www.arinox.com.br/blog/aco-inox-na-industria-hospitalar/>. Acesso em: 20 jul. 2021.

AÇO PLANO. **Conheça a Camada Passiva do Aço Inox**. Disponível em: <https://www.acoplano.com.br/blog/conheca-a-camada-passiva-do-aco-inox/>. Acesso em: 09 jan. 2022.

AMARAL, S. T. G. **Corrosão de vários materiais metálicos em álcool etílico hidratado combustível e sua inibição a 25 °C**. Dissertação (Mestre em Engenharia de Energia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1345/000011871.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 jul. 2021.

ANDRADE E. P; *et al.* **ESTUDO DA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 EM ÁGUA DO MAR NATURAL E ARTIFICIAL**. 71º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 16º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, realizada de 26 a 30 de setembro de 2016, Rio de Janeiro. Disponível: <file:///C:/Users/rcasg/Downloads/27882.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2022.

ARAUJO, A. A. **Gerenciamento de falhas por corrosão em dutos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20714/20714_4.PDF. Acesso em: 01 jan. 2022.

ASAMI, K.; HASHIMOTO, K. Importance of initial surface film in the degradation of stainless steel by atmospheric exposure, *Corrosion Science*, v. 45, p. 2263- 2283, 2003.

BAKER, E.A. ; KIRK, W.W. Long term Atmospheric Corrosion Behaviour of Various Grades of Stainless Steel in Rural, Industrial, and Marine Environments, *Corrosions Testing and Evaluation: Silver Anniversary Volume*, ASTM STP 1000, R. Baboian and S. W. Deans, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p.. 177-190,1990.

BARBOSA; DANIEL. **Métodos envolvendo o iodo, I² titulação iodométrica**. Escola Técnica Estadual Tiquatira. Disponível em:

http://www.josebarbosa.yolasite.com/resources/DETERMINA%C3%87%C3%83O_DE_CLORO_ATIVO_EM_ALVEJANTES.pdf. Acesso em: 03 fev. 2022.

BRASIL. [Constituição (2010)]. **Constituição do Ministério da Saúde**. Organizado por Dirceu Raposo de Mello, 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0042_25_10_2010.html. Acesso em: 25 de jul. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Organizado por Cláudio Brandão de Oliveira. Rio de Janeiro: Roma Victor, 2002. 320 p.

CARBÓ, H. M. Aços Inoxidáveis: aplicações e especificações. **ArcelorMittal**, 2008, 52 f. Disponível em: <http://guides.com.br/home/wp-content/uploads/2011/12/inonx-apost-tec.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.

CARNEIRO, L. H. C; **avaliação do grau de sensibilização do aço AISI 304 pelo método dl-epr de uma junta soldada com o processo tandem gmaw**; Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro; pág 1-112; fev/2014. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj87uGb75r6AhVjDtQKHV_GCDMQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Fpantheon.ufrj.br%2Fbitstream%2F11422%2F14234%2F1%2FMicrosoft%2520Word%2520-%2520PROJETO%2520FINAL%2520DE%2520CURSO%2520-%2520LOUBACK.vers%25C3%25A3o%2520final.pdf&usg=AOvVaw1tQQyioBQsiQjgMseSk1ns>. Último acesso:17/09/2022.

CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos**. 7. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM), 2008. 599 p.
CORROSÃO e degradação dos materiais. São Paulo: Poli-USP, 2005. Notas de Aula. Disponível em: http://sites.poli.usp.br/d/pmt2100/Aula15_2005%201p.pdf. Acesso em: 13 jan. 2022.

CODARO, V. E.L.S.; ACCIARI, H.A. Efeito dos Óxidos de Nitrogênio e de Enxofre na Corrosão de Cobre e Zinco: Um Experimento para o Ensino da Corrosão. *Revista Virtual de Química*, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

CORROSÃO: entenda o que é e como ocorre. Disponível em: <https://www.atomjr.com.br/post/corros%C3%A3o-entenda-o-que-%C3%A9-e-como-ocorre>. Acesso em: 01 out. 2021.

COUTRIM, M. X. QUÍMICA ANALÍTICA I. **Titulação de Oxi-Redução**. 23/03/2017. Disponível em: http://professor.ufop.br/sites/default/files/mcouterim/files/qui219_11a_aula_oxireducao_2016-2_mod_0.pdf. Último acesso 20/09/2022

Diniz, Á.; Monnerat, C. S.; Guedes, F. N. J. Estudo do efeito corrosivo dos aços inox AISI 304 e microligado Hardox 600 em meios salino e ácido. **Revista Eletrônica Engenharia de Interesse Social**, v. 1, n. 1, 2016.

FLORES, V. A; **Avaliação da eficiência de sanitizantes comerciais e de umfungo utilizados no controle da contaminação bacteriana do ambiente em indústrias alimentícias.** Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/17272/DIS_PPGCTA_2019_FLORES_VINICIUS.pdf?sequence=1. Acesso em: 20 out. 2021.

FOGAÇA, J. **Reações de Oxirredução.** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reacoes-oxirreducao.htm>. Acesso em: 10 dez. 2021.

GENTIL, V.; **Corrosão.** 3. Ed. Universidade Federal do Rio de Janeiro, pág. 212-213, 1996. Disponível em: https://www.academia.edu/29688334/GENTIL_V_Corros%C3%A3o_3ed_pdf. Acesso em: 01 dez. 2022.

GENTIL, V. **Corrosão.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos.** 2. ed. São Paulo: Varela, 2003.

HA, H.-Y.; JANG, Jae Hoon; LEE, T.; KIM, Sung-Dae; LEE, C.-H.; MOON, Joonoh. Enhancement of the resistance to localized corrosion of type 304 borated stainless steels through hot rolling. *Corrosion Science.* 2021, Vol. 192, p. 109798.

HERNÁNDEZ, J. W. C.; LADINO, D. H.; FALLEIROS, N. A. **Corrosão e proteção dos materiais.** São Paulo: Poli-USP, 2012. Notas de aula. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3486839/mod_resource/content/1/Aula%2010_Intergranular_2017.pdf. Acesso em: 01 jan. 2022

HORIZONTE MINERALS PLC.; **Níquel no aço inoxidável.**2022. Disponível em: https://horizonteminerals.com/br/pt/aco_inoxidavel/. Ultimo acesso:09/08/2022.

IODOMÉTRICO método de titulação. 365saúde. Disponível em: <http://www.365saude.com.br/pt-public-health-safety/pt-public-health/1009077750.html>. Acesso em: 03 fev. 2022.

JACULI, M. F. L. **Avaliação do uso de agentes saneantes em serviços de alimentação coletiva.** Dissertação (Especialista em Qualidade de Alimentos) – Centro de Excelência, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1124/1/2009_MarcusFernandoLimaJaculi.pdf. Acesso em: 20 jul. 2021.

JAPAN SATAINLESS STEEL ASSOCIATION; NICKEL DEVELOPMENT INSTITUTE, Successful use of stainless steel building materials, s.l., 1998. 81p (N12013).

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DOS ELEMENTOS. **Água dura.** 2017, 29 f. Apostila Disponível em: <https://www.ufjf.br/quimica/files/2015/10/LABORAT%c3%93RIO-DE-QU%c3%8dMICA-DOS-ELEMENTOS-QUI081-2017-%c3%81GUA-DURA-1.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2021.

LOUZADA M. Z; **VIABILIDADE DO USO DO ENSAIO NÃO DESTRUTIVO DE CORRENTES PARASITAS PARA CARACTERIZAÇÃO DA SENSITIZAÇÃO DE AÇOS INOXIDÁVEIS AISI 304**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro;2022.Disponível em:
https://metalmat.ufrj.br/images/2022_msc_pemm_mauro_zampieri_louzada__mauro_zampieri_louzada_20220511162500841.pdf. Último acesso 09/11/2022.

MANUAL de aços. GERDAU, 2003, 106 f. Disponível em:
https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/maprotec/catalogo_acos_gerdau.pdf. Acesso em: 11 jan. 2022.

MANUAL técnico de aço inoxidável. 2011, 69 f. Apostila. Disponível em:
<https://www.kloecknermetals.com.br/pdf/3.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2021.

MANUAL da química. **Titulação**, 2022. Disponível em:
<https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/titulacao.htm> . Acesso em: 03 fev. 2022.
 MATOS, Maria Auxiliadora Costa. **Introdução à Análise Química**. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2018. Apresentação de PowerPoint. 5 slides. color. Disponível em:
<https://www.ufjf.br/nupis/files/2011/08/Aula-10-Titula%C3%A7%C3%A3o-Redox-Iodometria-2018-2.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2022.

MORA, Nora Díaz; LUCAS, Juliana Fenner R.; MARAN, Maycon A. Deterioração de materiais. In: MORA, Nora Díaz; LUCAS, Juliana Fenner R.; MARAN, Maycon A. Apostila de materiais elétricos. Foz do Iguaçu: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010. cap. Capítulo 9, p. 201-229. Disponível em:
<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap9.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Indicadores de pH**. Disponível em:
<https://www.infoescola.com/quimica/indicadores-de-ph/>. Acesso em: 20 dez. 2021.

NASCIMENTO M. H; DELAGADO A. D; BARBARIC F. I; **AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE AGENTES SANITIZANTES COMO CONTROLADORES DO CRESCIMENTO MICROBIANO NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**. **Revista Ceciliana**, 2010. Universidade Santa Cecília. Disponível em:
https://sites.unisanta.br/revistaceciliana/edicao_03/1-2010-11-13.pdf. Acesso em: 11 jan. 2022.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Escala de pH**. Disponível em:
<https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/escala-de-ph>. Acesso em: 15 jul. 2021.

RÊGO, J. C.; FARO Z. P. **Manual de limpeza e desinfecção para unidades produtoras de refeições**. São Paulo: Varela, 1999.

SANTOS, A. A. M. et al. Importância do álcool no controle de infecções em serviços de saúde. **Anvisa**. Disponível em: https://www.anvisa.gov.br/servicosade/controle/controle_alcool.pdf. Acesso em: 29 jul. 2021.

SREBERNICH, S. M. **Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado.** Ciência e Tecnologia de Alimentos: Campinas, São Paulo, v. 27, n° 4, out.-dez., 2007.

TEBECHERANI, C. de TP. **Aços Inoxidáveis**, 2013. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~adccg/lib/exe/fetch.php?media=artigo_para_pipesystem_sobre_inox1.pdf. Acesso em: 20 ago. 2021.

TSCHIPTSCHIN, A. P. **Mundo dos Aços Especiais: Módulo I – Processo de Fabricação.** Gerdau, 2009, 33 f. Disponível em: <http://www.pmt.usp.br/ACADEMIC/antschip/Modulo-1.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.

TSCHIPTSCHIN A. P. **Tipos de Aço e sua Classificação – normas SAE/AISI/ABNT.** Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/blog-acos-especiais/tipos-de-aco-e-sua-classificacao>. Acesso em: 20 jul. 2021.

TUDO o que você precisa saber sobre sanitização. Disponível em: <https://maxmaq.com.br/blog/sanitizacao/>. Acesso em: 11 jan. 2022.

WALLINDER, I. O.; LU, J. ; BERTLING, S.; LEYGRAF, C. Release rates of chromium and nickel from 304 and 316 stainless steel during urban atmospheric exposure – a combines field and laboratory study. Corrosion Science, v.44, p. 2303-2319, 2002

WINTERHALTER, **TIPOS DE SUJIDADES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA E COMO REMOVÊ-LOS**, 2021. Disponível em: <https://www.winterhalter.com/br-pt/blog-winterhalter/tipos-de-sujidades-na-industria-alimenticia-e-como-remove-los/>. Último acesso: 03 fev. 2022.