



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

Aury Paulino de Araújo Júnior

**ANÁLISE DOS PROCESSOS CORROSIVOS NA BARRAGEM CAPIVARA EM
UIRAÚNA-PB**

Pau dos Ferros – RN
2019

Aury Paulino de Araújo Júnior

**ANÁLISE DOS PROCESSOS CORROSIVOS NA BARRAGEM CAPIVARA EM
UIRAÚNA-PB**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na
UFERSA, Campus Pau dos Ferros como requisito
básico para a conclusão do curso.**

Orientador (a):
Profa. Dr^a. Sanderlir Silva Dias

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

J927a Júnior, Aury Paulino de Araújo .
Análise dos processos corrosivos na Barragem
Capivara em Uiraúna-PB / Aury Paulino de Araújo
Júnior. - 2019.
69 f. : il.

Orientadora: Sanderlir Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2019.

1. Corrosão. 2. Deterioração dos Materiais. 3.
Barragem Capivara. 4. Uiraúna-PB. I. Dias,
Sanderlir Silva, orient. II. Título.

Aury Paulino de Araújo Júnior

**ANÁLISE DOS PROCESSOS CORROSIVOS NA BARRAGEM CAPIVARA
EM UIRAÚNA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
na UFERSA, Campus Pau dos Ferros como
requisito básico para a conclusão do curso.

Defendida em: 15 / 03 / 2019

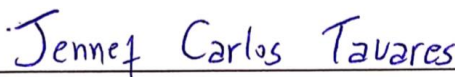
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Sanderlir Silva Dias



Prof. Dra. Josy Eliziane Torres Ramos



Prof. Jennef Carlos Tavares

A Deus, arquiteto da vida. À minha família, em especial aos meus pais Auri Paulino e Pedrina Sena, por nunca medirem esforços para que eu conquistasse meus sonhos. Às minhas irmãs Pamela Sena e Paola Sena. E ao meu avô Sales Inácio. Esta vitória é de vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida e por estar sempre comigo nas horas em que mais precisei.

Agradeço aos meus pais Auri Paulino e Pedrina Sena, pelo incentivo e amor incondicional. Sem vocês, nada disso seria possível.

Agradeço às minhas irmãs Pamela Sena e Paola Sena, que apesar dos momentos de minha ausência nos últimos anos, sempre entenderam que o futuro é feito a partir da constante dedicação ao presente.

À minha orientadora, professora Dr^a. Sanderlir Silva Dias, por todo apoio, incentivo e dedicação prestados a mim, não só durante a realização deste trabalho, mas desde a minha vinda a esta Universidade. Saiba que seus ensinamentos não só me tornaram um aluno melhor, mas também uma pessoa melhor.

In memoriam ao meu avô Sales Inácio, agradeço por todos ensinamentos repassados ao longo de sua vida. Te perder no começo da minha jornada acadêmica foi uma das maiores dificuldades enfrentadas.

In memoriam ao meu Tio José Montes, homem humildade, honesto e de caráter único. Meu reflexo é fruto dos teus ensinamentos.

Agradeço a toda minha família, que de alguma forma contribuiu de forma significativa para a conclusão deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos às amigas ao qual tive o privilégio conquistar na UFERSA, os levarei por toda minha vida, Gleimy Brasil, Guilherme Fontes, Maycon Wanderson, Wiriany Katia e Wanesa França.

Agradeço a todos meus amigos, em especial a Francivan Queiroz, Bruno Eduardo, Fabricio Fidel, Yam Souto, Maryana Dantas, Isabel Alencar, Laurian Nogueira, Lauan Nogueira, Everton Dias, Karen Andrade, Iza Rutyelle, Kaio Graco e Matheus Vinicius que apesar dos momentos difíceis enfrentados até aqui, sempre me motivaram e acreditaram em mim quando nem eu mesmo acreditei.

Agradeço aos meus amigos Cleto Rodrigues, Aristides Pereira e Thallysmara Freitas por contribuírem na realização deste trabalho.

Agradeço ao Professor Dr. Jorge Filho por disponibilizar a Sonda Multiparâmetros HORIBA U-50 para realização das análises físico-químicas da água.

Agradeço também à banca examinadora pelo tempo disponibilizado para poder contribuir com este trabalho.

E, por fim, agradeço a todos aqueles que de forma direta ou indireta colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

“O rio atinge seus objetivos porque aprendeu a contornar obstáculos.”

Lao-Tsé

RESUMO

Este projeto apresenta um estudo acerca dos processos corrosivos presentes na barragem Capivara, localizada em Uiraúna-PB, e expõe, de um modo geral, a corrosão e os seus meios de ocorrência, assim como os métodos e táticas de prevenção/proteção a fim de evitar a deterioração dos materiais. Para tanto, foram traçados os seguintes objetivos: identificar, analisar e compreender as principais causas que levam os processos de corrosão nos metais, de forma a poder tomar medidas corretivas adequadas que possam diminuir ou até mesmo erradicar esse fenômeno. Serão realizadas coletas de dados fundamentados em estudos de campo e em pesquisas bibliográficas. Sabendo-se que cerca de 30% do aço produzido no mundo é utilizado para a reposição de peças, partes de equipamentos e instalações deterioradas por processos corrosivos, a busca pela criação ou aperfeiçoamento de técnicas para diminuição desses processos é fundamental para a humanidade. Com relação à barragem Capivara, buscou-se visualizar e analisar a existência de processos corrosivos em suas tubulações, bombas, tanques e outros equipamentos/acessórios presentes na área de estudo. Além disso, foram realizadas coletas de amostras de água em locais distintos da cidade de Uiraúna-PB, a fim de obter suas propriedades físico-químicas, bem como sua influência nos processos corrosivos e sua qualidade para consumo da população de Uiraúna-PB e cidades circunvizinhas, para isso, foram analisadas por meio da Sonda Multiparâmetros HORIBA U-50 os seguintes parâmetros: temperatura, pH, potencial de oxi-redução, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, total de sólidos dissolvidos e salinidade. Por meio dos registros fotográficos, foi possível identificar a corrosão uniforme como sendo a mais comum no objeto de estudo. Em seguida vem a corrosão por placas, por pites e alveolar. As análises referentes ao pH, potencial de oxi-redução, condutividade e turbidez apresentaram variações que fogem dos padrões da qualidade da água estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA. A ocorrência avançada do fenômeno de corrosão em um material indica a necessidade urgente de um tratamento acompanhado de manutenção periódica. É importante o conhecimento de todos os métodos que venham a contribuir para o enriquecimento do referido tema, portanto, é imprescindível o estudo da corrosão e de seus processos de ocorrência.

Palavras-chave: Corrosão. Deterioração dos Materiais. Barragem Capivara. Uiraúna-PB.

ABSTRACT

This project presents a study about the corrosive processes present in the Capivara dam, located in Uiraúna-PB, and exposes, in a general way, the corrosion and its means of occurrence, as well as the methods and tactics of prevention/protection, in order to prevent deterioration of materials. In order to do so, the following objectives were set: to identify, analyze and understand the main causes that lead the corrosion processes in the metals, in order to be able to take appropriate corrective measures that could reduce or even eradicate this phenomenon. Data collection will be carried out and will be based on field studies and bibliographical researches. Knowing that approximately 30% of the steel produced in the world is used for the replacement of parts, equipment and installations deteriorated by corrosive processes, the search for the creation or improvement of techniques to reduce these processes is fundamental for humanity. In relation to the Capivara dam, it was sought to visualize and analyze the existence of corrosive processes in its pipelines, pumps, tanks and other equipment / accessories present in the study area. In addition, water samples were collected in different sites of the city of Uiraúna-PB, in order to obtain their physicochemical properties, as well as their influence on the corrosive processes and their quality for consumption of the population of Uiraúna-PB and Surrounding cities, for this purpose, were analyzed through the HORIBA U-50 Multiparameter Probe The following parameters: Temperature, pH, oxi-reduction potential, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, total dissolved solids and salinity. Through Photographic Records, it was possible to identify the uniform corrosion as the most common in the object of study. Next comes the corrosion by plates, by pitting and alveolar. The analyses related to pH, potential of oxi-reduction, conductivity and turbidity showed variations that escape the water quality standards established by CONAMA Resolution 357/2005. The advanced occurrence of the phenomenon of corrosion in a material indicates the urgent need for a treatment accompanied by periodic maintenance. It is important to know all the methods that contribute to the enrichment of the aforementioned theme, therefore, it is essential to study the corrosion and its processes of occurrence.

Key words: Corrosion. Deterioration of materials. Capivara dam. Uiraúna-PB.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de adição e perda de energia do ferro	22
Figura 2: Principais formas de corrosão	26
Figura 3: Triângulo de corrosão	27
Figura 4: Influência do pH na taxa de corrosão	29
Figura 5: Mecanismo de proteção por revestimento	30
Figura 6: Corte esquemático de um sistema de revestimento	32
Figura 7: Sistema de abastecimento de água da CAGEPA.....	37
Figura 8: Fluxograma da pesquisa	38
Figura 9: Localização de Uiraúna na Paraíba.....	39
Figura 10: Área da barragem da Capivara.....	40
Figura 11: Barragem Capivara.....	41
Figura 12: Pontos das coletas de água.....	42
Figura 13: Recipiente hermético	43
Figura 14: Sonda Multiparâmetros HORIBA U-50	44
Figura 15: Tubulação de ferro fundido A.....	45
Figura 16: Tubulação de ferro fundido B.....	45
Figura 17: Tubulação de ferro fundido C	46
Figura 18: Parafusos de fixação A.....	47
Figura 19: Parafusos de fixação B	48
Figura 20: Braçadeira de fixação	49
Figura 21: Boias parcialmente submersas A	50
Figura 22: Boia parcialmente submersa B	50
Figura 23: Escada do reservatório	52
Figura 24: Peças de junção A.....	53
Figura 25: Peça de junção B.....	53
Figura 26: Bomba A.....	54
Figura 27: Bomba hidráulica B.....	55
Figura 28: Reservatório cilíndrico A	56
Figura 29: Reservatório cilíndrico B	57

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
PB	Paraíba
pH	Potencial hidrogeniônico
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
OD	Oxigênio Dissolvido
RN	Rio Grande do Norte

LISTA DE SIMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
m ³	Metro cúbico
km ²	Quilômetro quadrado
mg/L	Miligrama por litro
g/L	Grama por litro
mV	Milivolt
mS/cm	MiliSiemen por centímetro
E°	Potencial padrão de redução da semi-reação

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação de oxidação do ferro	22
Equação 2: Reação de redução do oxigênio	23
Equação 3: Formação do hidróxido de ferro II	23
Equação 4: Formação do hidróxido de ferro III	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros analisados a partir da Sonda HORIBA U-50.....	58
Quadro 2: Parâmetros analisados a partir da Sonda HORIBA U-50.....	59
Quadro 3: Parâmetros analisados a partir da Sonda HORIBA U-50.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Variação do volume do reservatório nos últimos 10 anos	40
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo Geral	20
2.2. Objetivos Específicos	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1. Corrosão	21
3.1.1. Corrosão eletroquímica	22
3.1.2. Corrosão química	23
3.1.3. Corrosão eletrolítica	24
3.2. Formas de Corrosão	24
3.3. Triângulo de Corrosão	26
3.4. O Meio	27
3.4.1. Solo	28
3.4.2. Umidade	28
3.4.3. pH	28
3.4.4. Temperatura	29
3.5. Métodos de Prevenção à Corrosão	30
3.5.1. Revestimento protetor	30
3.5.2. Tintas	31
3.5.3. Proteção metálica	32
3.5.4. Proteção não metálica	33
3.5.5. Proteção catódica	34
3.5.6. Proteção anódica	34
3.6. Análise da Qualidade da Água	35
3.7. Adutoras	37
4. METODOLOGIA	38

4.1.	Uiraúna.....	38
4.2.	Barragem Capivara	39
4.3.	Análise dos Processos Corrosivos	41
4.4.	Análise da Água	42
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
5.1.	Análise da Corrosão	45
5.1.1.	Tubulações.....	45
5.1.2.	Parafusos e acessórios.....	47
5.1.3.	Braçadeiras	48
5.1.4.	Boias	49
5.1.5.	Escadas	51
5.1.6.	Peças de junção.....	52
5.1.7.	Bombas hidráulicas.....	54
5.1.8.	Reservatórios	55
5.2.	Análise da Água	57
5.2.1.	Quanto à temperatura	60
5.2.2.	Quanto ao pH.....	60
5.2.3.	Potencial de oxi-redução.....	61
5.2.4.	Quanto à condutividade	61
5.2.5.	Quanto à turbidez.....	61
5.2.6.	Quanto ao oxigênio dissolvido	62
5.2.7.	Quanto ao total de sólidos dissolvidos	62
5.2.8.	Quanto à salinidade	63
5.2.9.	Influência dos principais parâmetros da água	63
6.	CONCLUSÃO	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	66

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para existência da vida, sendo essa uma das substâncias mais abundante em nosso planeta, cobrindo cerca de 70% da superfície terrestre, no entanto, apenas uma pequena parte desta água está apta para o consumo humano. Esta preciosa substância pode ser encontrada no estado líquido, sólido ou gasoso, sendo o Brasil o maior detentor dessa disponibilidade hídrica (FONSCECA, 2015; MACEDO, 2018).

No século XIX, o elevado índice de escassez desse recurso na região Nordeste do Brasil marcou o início de grandes investimentos para construção de açudes e fontes artesianas profundas, a fim de suprir as necessidades humanas e animais desta região (REBOUÇAS, 1997).

Apesar da corrosão geralmente ser associada a metais, este fenômeno abrange uma grande diversidade de materiais, incluindo os não-metálicos. Devido à grande variabilidade destes processos, eles podem ocorrer em diversas situações, porém sempre estando relacionado a redução da vida útil dos materiais (MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2004).

No mundo, é estimado que uma parcela superior a 30% do aço produzido seja utilizada para a reposição de peças, partes de equipamentos e instalações deterioradas por processos corrosivos (NUNES e LOBO, 1990, apud MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2004). Enquanto no Brasil cerca de (2/3) da produção interna do aço se transformam em sucata e um terço (1/3) é destruído pelo fenômeno da corrosão (OLIVEIRA, 2012).

Com os inúmeros avanços tecnológicos alcançados mundialmente, os custos da corrosão crescem drasticamente, sendo este um fator importante já na fase de projeto de grandes indústrias a fim de proteger contra futuros processos corrosivos (GENTIL, 1996). Gentil (1996) ressalva que 30 bilhões de dólares poderiam ser economizados se todas as medidas para evitar ou minimizar a corrosão fossem utilizadas.

Em consonância com Merçon, Guimarães e Mainier (2004), comumente, o custo para substituir um material antigo por um novo é cerca de 20 a 50 vezes mais elevado, inviabilizando a sua reposição. Tendo em vista o alto preço para substituição da peça ou material, técnicas anticorrosivas estão se tornando cada vez

mais viáveis, entre elas se destacam a proteção anódica, catódica, os revestimentos anticorrosivos e inibidores de corrosão.

O estudo da corrosão visa mais do que ao interesse pela ocorrência mineral, mas aos custos provocados por ela, muitas vezes incalculáveis, que envolvem despesas com reposição de materiais, reparos e proteção, mão de obra, energia e manutenção, chamados de custos diretos (OLIVEIRA, 2012, pág.26).

Nesse mesmo contexto, vale ressaltar os custos indiretos, que estão relacionados aos acidentes, perdas de vidas, eficiência do material, contaminações e outros custos que não podem ser medidos ao decorrer do tempo, mas são provocados pela corrosão (OLIVEIRA, 2012).

De acordo com Iantas (2010), para uma boa vida útil da construção é imprescindível o uso e manutenção adequada da edificação. A ausência periódica de manutenção acarreta a evolução de pequenas patologias, comprometendo tanto a qualidade estética da obra quanto sua vida útil.

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), denomina perda real todo o volume de água tratada desperdiçada nos sistemas de distribuição antes da chegada a unidade de consumo e que, entre alguns fatores, estão relacionadas a deterioração das tubulações das redes e ramais. Enquanto a perda aparente se refere às águas que são consumidas, entretanto não são faturadas (ABES, 2015).

Ainda em conformidade com ABES (2015), estima-se que no ano de 2013, cerca de 36,4% das águas fornecidas pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) foram perdidas na distribuição, sendo esta a soma das perdas reais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Numa perspectiva geral, o objetivo deste trabalho é analisar, compreender e identificar os tipos de corrosão existentes na adutora Capivara, bem como suas consequências na qualidade da água e a influência desta água nestes processos corrosivos. Dessa forma, é possível propor soluções que demonstrem a importância de mecanismos mais eficazes para o combate a corrosão.

2.2. Objetivos Específicos

Para uma boa compreensão dos mecanismos adotados, inicialmente, é necessário:

- Realizar análises de casos reais, por meio de registros fotográficos.
- Identificar e conhecer o material assim como as possíveis formas de corrosão. A partir disso, serão coletados dados acerca dos processos corrosivos que irão contribuir para o desfecho da temática estudada.
- Conhecer as principais causas que levam a esses processos corrosivos nos dutos, tubos, registros e acessórios com o intuito de propor medidas preventivas e corretivas apropriadas que possam evitar este fenômeno nas tubulações da barragem Capivara.
- Analisar os parâmetros físico-químicos da qualidade da água ofertada pela adutora Capivara.
- Encontrar soluções de proteção através do conhecimento obtido na teoria e na prática.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os temas que colaboraram para a referida pesquisa, entre eles estão: estudo das propriedades químicas da corrosão, patologias em estruturas metálicas, influência da corrosão nas propriedades físico-químicas da água, assim como os métodos de prevenção e proteção à corrosão.

3.1. Corrosão

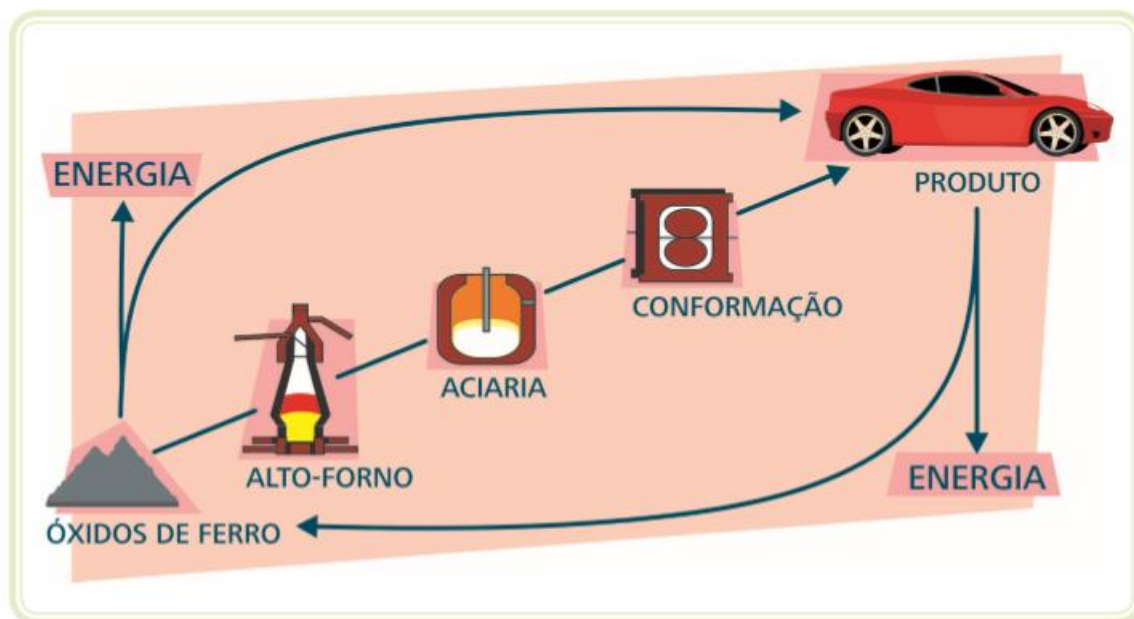
De acordo com Merçon, Guimarães e Mainier (2004), o termo corrosão é utilizado com intuito de designar os processos de deterioração total, parcial, superficial ou estrutural dos materiais por meio de um ataque eletroquímico, químico ou eletrolítico.

Castro (1999) afirma que a corrosão dos materiais não nobres é um fenômeno inverso do processo de fabricação (Figura 1). Neste procedimento, o estado metálico pode ser obtido através da adição de energia ao minério de ferro (reação não espontânea), estes processos podem ser térmicos, elétricos, químicos ou mecânicos. Sabendo-se disso, a corrosão nada mais é que a reação do meio com o metal de forma espontânea, ou seja, a perda da energia introduzida na fabricação e conseqüentemente a volta ao seu estado original, não metálico.

De acordo com Oliveira (2012, pág. 16)

A corrosão é uma forma de degradação do metal. É um processo que progride através do material até sua destruição total. Nessa etapa de compreensão, o primeiro passo é descobrir e investigar os tipos e formas de corrosão, desde o aspecto microscópico até sua exposição a olho nu.

Figura 1: Processo de adição e perda de energia do ferro



Fonte: Pannoni (2008, apud OLIVEIRA, 2012).

3.1.1. Corrosão eletroquímica

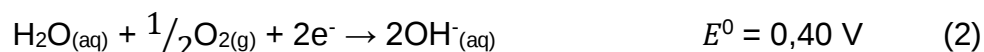
A corrosão eletroquímica é um processo que ocorre espontaneamente, tendo como principal característica o contato direto entre o metal e o meio eletrolítico, no qual acontecem, simultaneamente, reações catódicas e anódicas. Este processo é o mais comum na natureza, caracterizando-se por ocorrer, necessariamente, na presença de água à temperatura ambiente, formando uma pilha galvânica (MERÇON; GUIMARÃES; MAINIER, 2004).

Segundo Gentil (1996, p. 66)

A corrosão eletroquímica pode ocorrer sempre que existir heterogeneidade no sistema material metálico-meio corrosivo, pois a diferença de potencial resultante possibilita a formação de áreas anódicas e catódicas. Os casos mais frequentes de heterogeneidade responsáveis por corrosão eletroquímica estão relacionados com o material metálico e o meio corrosivo.

As reações 1 e 2, correspondem, respectivamente, aos processos de oxidação (ânodo) e redução (cátodo), aos quais originam a corrosão do ferro.

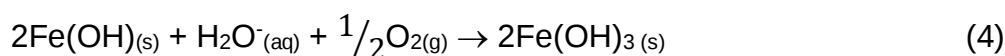




Os íons metálicos Fe^{2+} migram em direção à reação de redução, enquanto os íons hidroxilas OH^- migram em direção a reação de oxidação, resultando na formação do $\text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{s})}$, hidróxido de ferro (II) ou hidróxido ferroso (GENTIL, 2011), de acordo com a equação 3.



Em meio aerado, ou seja, em que há uma grande presença de oxigênio, ocorre a oxidação do $\text{Fe}(\text{OH})_2$, resultando na formação do $\text{Fe}(\text{OH})_3$, hidróxido férrico ou hidróxido de ferro III (Equação 4). Neste processo, a água se precipita formando $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, uma substância alaranjada, conhecida popularmente como ferrugem (GENTIL, 2011).



3.1.2. Corrosão química

Segundo Merçon, Guimarães e Mainier (2004), para a ocorrência da corrosão química, não é necessário que haja a transferência de elétrons por meio do contato direto com a água, como na corrosão eletroquímica, pois este processo provém do contato entre um agente químico e a superfície de um material, consistindo na deterioração do material através de reação química entre o meio corrosivo e o material.

Para Gentil (2003, apud MERÇON, GUIMARÃES e MAINIER, 2004, p.13)

A destruição do concreto, observada nas pontes e viadutos, tem como uma de causas a corrosão química, devida à ação dos agentes poluentes sobre seus constituintes (cimento, areia e agregados de diferentes tamanhos). Essa corrosão também afeta a estabilidade e durabilidade das estruturas, sendo muito rápida e progressiva. Fatores mecânicos (vibrações e erosão), físicos (variação de temperatura), biológicos (bactérias) ou químicos (em geral ácidos e sais) são os responsáveis por esse processo.

3.1.3. Corrosão eletrolítica

De acordo com Merçon, Guimarães e Mainier (2004), a corrosão eletrolítica é um processo eletroquímico que ocorre de forma não espontânea, ou seja, que necessita da adição energia externa para sua ocorrência. Este fenômeno é ocasionado por correntes de fugas, geralmente essas correntes são geradas pela deficiência de aterramento e de isolamento, ocorrendo comumente em tubulações de petróleo e água potável. Neste mesmo contexto, Gentil (1996) ressalta, por se tratar de uma forma de corrosão geralmente localizada nas falhas do revestimento protetor das tubulações enterradas, em pouco tempo ocorre a perfuração da parede metálica, causando vazamento do produto nelas contidos.

Para Gentil (1996, p. 83), as correntes de fugas podem ser classificadas em:

Estáticas: são as que têm intensidades e percursos constantes. Como exemplos de sistemas que geram estas correntes destacam-se os sistemas de proteção catódica por corrente impressa;

Dinâmica: são as que variam continuamente, ou periodicamente, de intensidade e/ou nos seus percursos. São exemplos destes tipos de correntes de fuga aquelas oriundas de sistemas de tração eletrificada e de máquinas de solda elétrica em serviço indevidamente aterradas.

Ainda de acordo com Gentil (1996), a taxa da corrosão decorrente das correntes de fugas depende de vários fatores, dentre eles se destacam:

- intensidade da corrente e sua densidade no local em que ela atinge o eletrólito;
- espaço entre a estrutura interferida e a interferente;
- existência de um revestimento protetor sobre a estrutura interferida, além da qualidade deste revestimento;
- para tubulações enterradas ou submersas, existência de conexões de isolamento elétrico;
- resistividade elétrica do meio onde estão localizadas as estruturas.

3.2. Formas de Corrosão

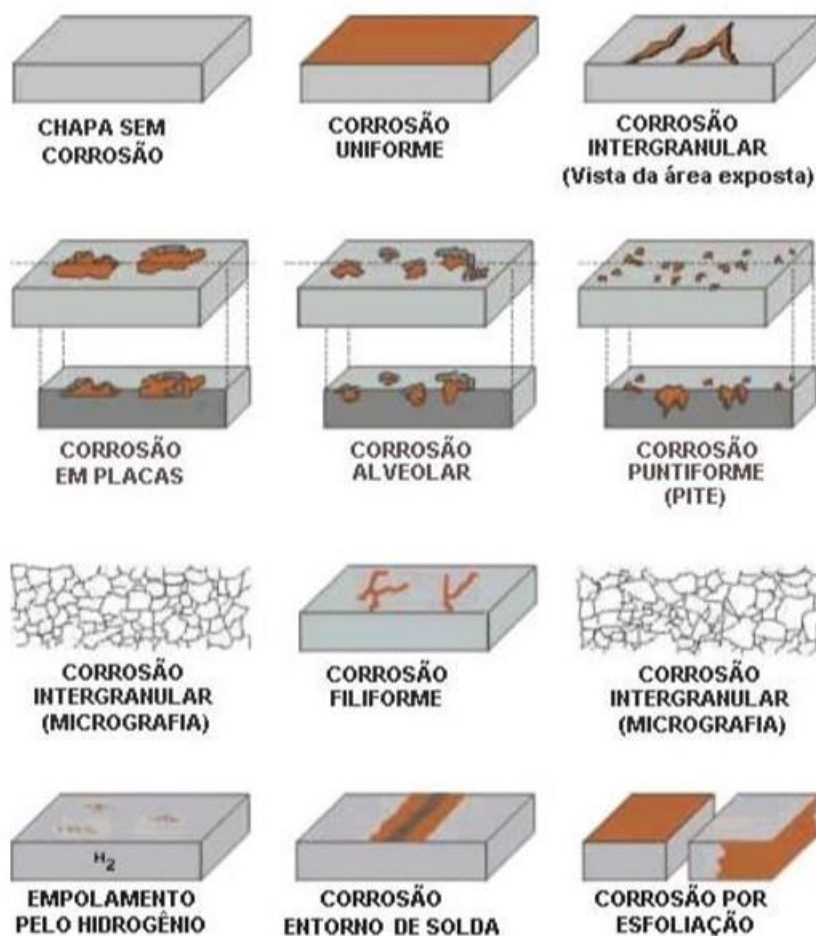
De acordo com Gentil (1996), os processos corrosivos são considerados como reações de oxidação-redução que consistem, basicamente, em ceder e

receber elétrons. Neste processo, o metal sofre a oxidação, ou seja, é o agente redutor, transferindo seus elétrons para o agente oxidante, isto é, o meio corrosivo existente. Então, a corrosão é uma forma de deterioração do metal ao longo de sua superfície.

A identificação da morfologia da corrosão auxilia na aplicação de medidas preventivas e corretivas adequadas, podendo ser distinguida de acordo com a aparência do material corroído (Figura 2), entre os tipos mais conhecidos estão: uniforme, alveolar, por placas, por esfoliação, puntiforme ou por pite, intergranular, intragranular, filiforme, gráfrica, dezincificação e empolamento pelo hidrogênio (GENTIL, 1996).

- Corrosão da forma uniforme é caracterizada pelo processo corrosivo de forma uniforme em toda sua superfície, ocasionando a perda homogênea de espessura.
- Corrosão por placas se situa em regiões da superfície metálica e não em toda sua extensão, diferindo da corrosão uniforme. Esta se caracteriza pela formação de placas com escavações.
- Corrosão do tipo alveolar se processa em toda superfície metálica, apresentando sulcos ou escavações que se assemelham a alvéolos. Este é caracterizado pela formação de um fundo arredondado e com profundidade comumente menor que o seu diâmetro.
- Corrosão puntiforme ou por pite se processa em pequenas áreas da superfície metálica, produzindo pites, ou seja, cavidades que se caracterizam pela formação de um fundo em forma angulosa e, com profundidade maior que o seu diâmetro.

Figura 2: Principais formas de corrosão

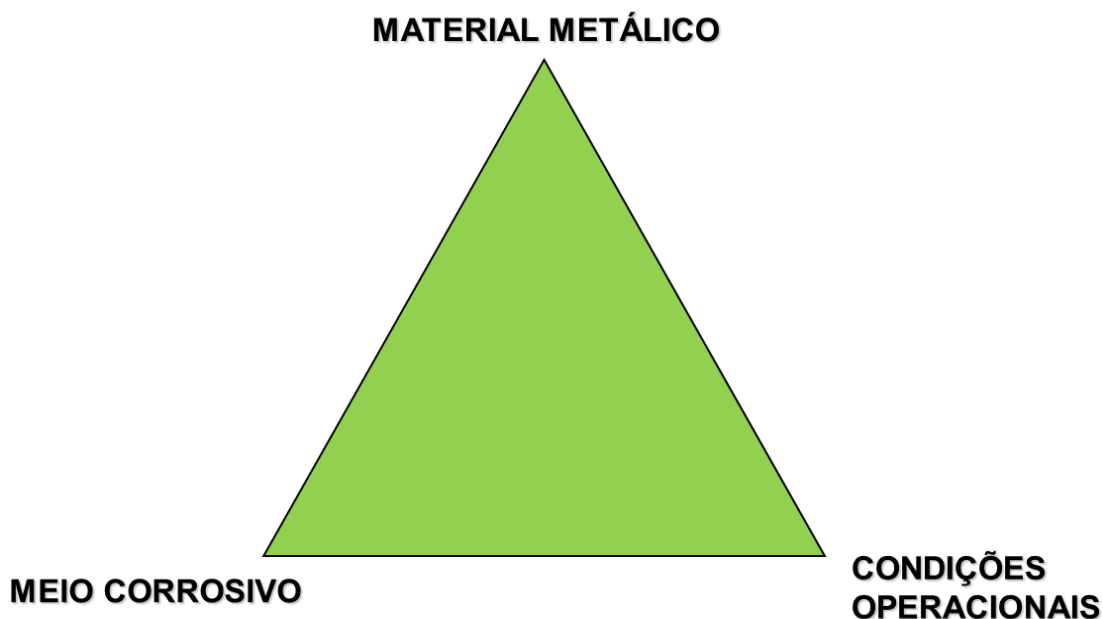


Fonte: Gentil (2011, apud OLIVEIRA, 2018).

3.3. Triângulo de Corrosão

Como é demonstrado na Figura 3, basicamente, o triângulo de corrosão consiste pela atuação em conjunto do meio corrosivo, pelo material e pelas condições operacionais em que estes materiais estão expostos. A partir do conhecimento destes três parâmetros, torna-se possível traçar um diagnóstico e tratamento a fim de minimizar ou até mesmo erradicar possíveis deteriorações do material pela corrosão, assim como a escolha do material mais adequado a ser utilizado.

Figura 3: Triângulo de corrosão



Fonte: Ramos, 2017.

De acordo com Gentil (2011, p. 52), estas três variáveis podem ser definidas como:

material metálico: composição química, presença de impurezas, processo de obtenção, tratamentos, tratamentos térmicos e mecânicos, estado da superfície, forma, união de materiais (solda, rebites etc.), contando com outros metais;

meio corrosivo: composição química, concentração, impurezas, pH, temperatura, teor de oxigênio, pressão, sólidos suspensos;

condições operacionais: solicitações mecânicas, movimento relativo entre material metálico e meio, condições de imersão no meio (total ou parcial), meios de proteção contra a corrosão, operação contínua ou intermitente.

3.4. O Meio

Segundo Castro (1999), para que haja a ocorrência de corrosão, é necessário que os quatro elementos básicos estejam presentes: O cátodo, o ânodo, a ligação elétrica e o eletrólito. Na maioria dos casos, o próprio metal se torna o elemento de ocorrência dos três primeiros. Entretanto, o quarto elemento pode surgir por efeito de diferentes condições. Comumente, em edificações o eletrólito surge principalmente pelos seguintes meios: água, solo e atmosfera.

3.4.1. Solo

Castro (1999) afirma que o solo é um dos meios que comumente origina o desenvolvimento de processos corrosivos em tubulações, estacas metálicas, cabos subterrâneos, pilares enterrados, trilhos, etc, quando estes estão em contato com o solo. O solo é um material caracterizado pela sua heterogeneidade, composto por diversos materiais, ácidos, saís e água, formando um ambiente propício a corrosão. Nesse mesmo contexto, Castro (1999, p. 40) ressalta “A agressividade dos solos depende essencialmente dos seus componentes agressivos e da sua constituição. Os fatores mais importantes são: acidez, teor de umidade, grau de aeração, permeabilidade à água e condutibilidade elétrica.”

3.4.2. Umidade

A corrosão atmosférica se caracteriza por ser um fenômeno particularmente eletroquímico. Na atmosfera, a água existente é encontrada sob diferentes formas, constituindo um dos principais fatores dos processos corrosivos. Este processo se dá pelo depósito da água sobre a superfície metálica, sendo este proveniente do processo de adsorção ou de condensação, que podem ser determinadas a partir da umidade relativa do ar (VIANNA, 1980 apud BRAMBILLA, 2009).

Em consonância com Gentil (2011), a ação dos processos corrosivos da água potável pode ocasionar desde perda de espessura até mesmo perfurações nas tubulações. Além disso, os produtos provenientes destes processos podem torná-la imprópria para o uso devido a não mais atender os parâmetros mínimos de potabilidade.

3.4.3. pH

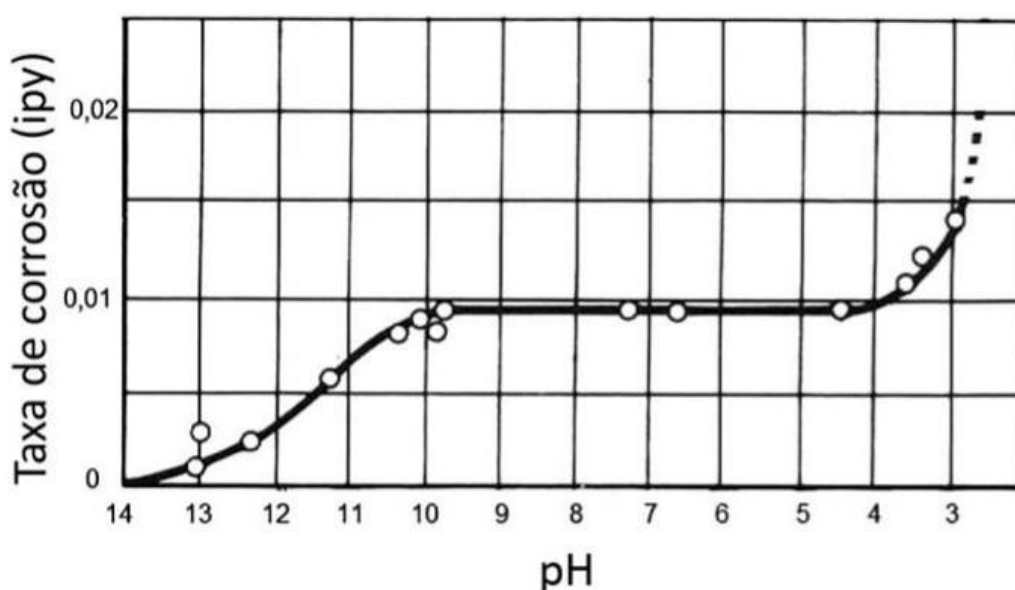
O potencial hidrogeniônico (pH) mede a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada substância. Águas com pH superiores a 8,5 não são tão agressivos ao aço, tendo em vista que ocorre a sua passivação, porém águas com pH inferiores a 4,5 são extremamente agressivas (CASTRO, 1999).

Castro (1999, p. 39) disserta em obra que “a taxa de corrosão do ferro, no intervalo de pH entre 4 e 10, é independente do pH, podendo-se concluir que em

águas naturais moles aeradas, a corrosão do aço carbono ocorrerá independentemente do pH.”

Logo, isto pode ser compreendido na Figura 4, no qual pHs entre 4 e 10, a taxa de corrosão independe do pH, enquanto valores inferiores a 4,5 são extremamente agressivos aos metais.

Figura 4: Influência do pH na taxa de corrosão



Fonte: Gentil, 2011.

3.4.4. Temperatura

Cascudo (1997, apud BRAMBILLA, 2011) disserta sobre a dupla funcionalidade da temperatura. Nesse contexto, a elevação da temperatura acarreta um aumento na velocidade das reações químicas e consequentemente da mobilidade iônica, enquanto a diminuição da temperatura pode levar à condensação, produzindo aumento da umidade local. Estima-se que um aumento de 10°C na temperatura dobre a velocidade da reação, apesar de haver evidências que esse acréscimo seria de apenas 1,6 vezes.

Por outro lado, se a temperatura for elevada, haverá uma possibilidade da diminuição da condensação do vapor de água na superfície metálica e da adsorção de gases, causando a redução da velocidade de corrosão devido a não formação ou a diminuição da permanência do eletrólito sobre o metal (BRAMBILLA, 2011).

3.5. Métodos de Prevenção à Corrosão

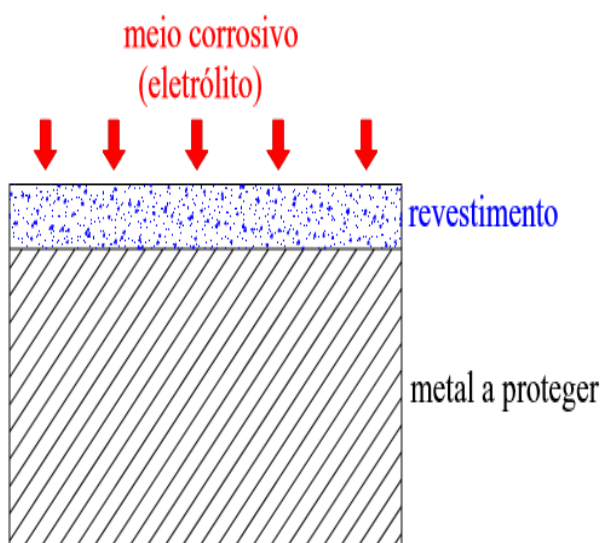
A ocorrência de processos corrosivos avançados denota a necessidade de um tratamento urgente nesses materiais, acompanhado de manutenção periódica por se tratar estruturas e componentes expostos a intempéries (OLIVEIRA, 2016).

Segundo CASTRO (1999), não existe um sistema universal para proteção do ferro ou aço. A adoção de um ou outro sistema de proteção depende da análise de diversos fatores tais como, custos, objetivo da estrutura, condições ambientais, características de utilização, programa de manutenção, etc. O revestimento protetor mais empregado é o revestimento orgânico convencional, em seguida vem o revestimento metálico e por último o revestimento químico.

3.5.1. Revestimento protetor

Os mecanismos por um revestimento protetor fazem com que não haja um contato direto entre o eletrólito e o metal, mas entre o eletrólito e o revestimento. Este processo compõe uma barreira física, impedindo que o metal se oxide, conservando a peça metálica. Este procedimento é o principal mecanismo de proteção, conhecido como “proteção por barreira” ou “proteção por retardamento do movimento iônico”, conforme mostra a Figura 5 (CASTRO, 1999).

Figura 5: Mecanismo de proteção por revestimento



Fonte: NUNES (1990, apud CASTRO, 1999).

Para a realização de um revestimento protetor, é necessária a limpeza dos materiais. As limpezas mais comuns são: A limpeza manual, executada com ferramentas manuais como escovas, lixas, raspadores, etc e a limpeza mecânica, executada com ferramentas mecanizadas, como escovas rotativas, pneumáticas ou elétricas, etc (PANNONI, 2011).

3.5.2. Tintas

Atualmente, existem inúmeros processos de proteção anticorrosiva para o aço, sendo as tintas o método convencional mais utilizado, pois apresentam uma fácil aplicabilidade e um baixo custo. As tintas podem ser definidas como revestimentos não metálicos de classe orgânica (CASTRO, 1999; OLIVEIRA, 2012).

Quanto a proteção anticorrosivas nos metais, comumente são aplicadas tintas à base de resinas alquídicas, tintas à base de resinas epoxídicas e tintas à base de resinas de poliuretano, apesar de existir outros tipos, estas são as que apresentam um maior grau de nobreza e custo, respectivamente (CASTRO, 1999).

Segundo Pannoni (2011, p. 39) os principais tipos de tintas podem ser definidos como

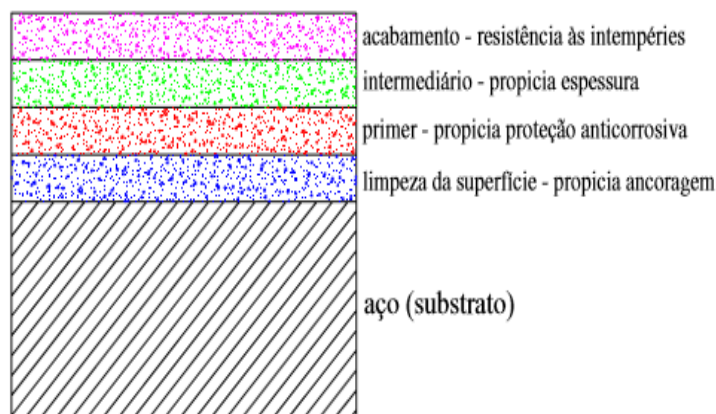
Tintas à base de resina de alquídicas: conhecidas como esmaltes sintéticos, são tintas mono componentes de secagem ao ar. São utilizados em interiores secos e abrigados, ou em exteriores não poluídos.

Tintas à base de resina de epoxídicas: são tintas bi componentes de secagem ao ar. A cura se dá pela reação química entre os dois componentes. O componente A é, de modo geral, à base de resina epoxídica, e o B, o agente de cura, pode ser à base de poliamida, poliamina ou isocianato alifático.

Tintas à base de resina de poliuretânicas: são tintas bi componentes em que o componente A é baseado em resina de poliéster ou resina acrílica, e, o B, o agente de cura, é à base de isocianato alifático. As tintas poliuretânicas acrílicas alifáticas são bastante resistentes ao intemperismo.

A Figura 6 representa um corte padrão de um sistema de revestimento (CASTRO, 1999).

Figura 6: Corte esquemático de um sistema de revestimento



Fonte: NUNES (1990, apud CASTRO, 1999).

Nunes E Lobo (1990, apud CASTRO, 1999 pág. 64) afirma

De acordo com a posição do elemento de pintura, temos diferentes classificações e propriedades entre as tintas. Denomina-se “primer” como primeira demão aplicada sobre uma superfície metálica. Este é um produto que contém pigmentos anticorrosivos com função de conferir proteção ao substrato e corrigir suas pequenas imperfeições. Temos ainda as tintas “intermediárias”, tintas neutras de alta espessura, com função de melhorar a proteção do sistema de pintura simplesmente pelo aumento da camada protetora por barreira. E ainda a tinta de acabamento, com função de dar espessura e aparência final ao substrato, tais como cor e textura. Essa última camada é a que efetivamente está em contato direto com o meio agressivo.

3.5.3. Proteção metálica

Os revestimentos metálicos, exercem inúmeras funções, sendo estas, ações com finalidade decorativa, de função elétrica, de resistência e endurecimento superficial. Quando metais são utilizados como ação anticorrosivas, estes processos se caracterizam pela formação de películas protetoras de óxidos, hidróxidos e outros compostos que reagem com o meio. Os materiais comumente utilizados para este procedimento são o cromo, níquel, alumínio e zinco (OLIVEIRA, 2012).

Oliveira (2012) resume as aplicações destas técnicas em:

- cladização ou comumente chamado de cladeamento, é um processo realizado através de laminações conjunta à quente com chapa de metal base e revestimentos de metal;

- imersão a quente consiste no revestimento de um material metálico, através de outros metais, tais como cobre, alumínio, estanho ou zinco. Este processo é realizado comumente no aço, por meio de sua imersão em um banho do metal de revestimento fundido;
- metalização é um método no qual o material de revestimento se deposita na superfície do metal a ser protegido por meio da utilização de pistolas e oxi-acetênico. Este processo tem finalidade de recuperação.

3.5.4. Proteção não metálica

Neste tipo de proteção, quando o composto inorgânico é aplicado diretamente em superfícies como vitrosos, vidros, porcelanas, cimentos, óxidos, carbetos, nitretos, boretos e silicetos, dependendo do caso, estes podem apresentar particularidades anticorrosivas (OLIVEIRA, 2012).

Ainda em consonância com Oliveira (2012) as principais aplicações para este tipo de revestimento são:

- anodização é uma proteção cuja principais propriedades são sua aderência e sua elevada resistividade elétrica, por este motivo, é uma das aplicações mais utilizadas a fim de combater à corrosão atmosférica;
- cromatização é um processo no qual se é obtido o revestimento protetor através da produção de soluções compostas por cromatos ou ácidos crômicos. O principal intuito é aumentar a resistência a processos corrosivos e aumentar a aderência das tintas sobre os metais, tais como alumínios e suas ligas;
- fosfatização consiste em banhos de fosfato de manganês, esta, é uma aplicação resistente a névoas salinas e, quando coberto por uma pintura, é resistente também à corrosão. Além disso, possuem fácil aplicação devido a sua versatilidade.

3.5.5. Proteção catódica

Conforme Dutra e Nunes (1987 apud MERÇON, GUIMARÃES E MAINIER, 2004), este tipo de proteção transforma a estrutura ou material que se deseja proteger em uma pilha artificial. Merçon, Guimarães e Mainier (2004, p.13), ressaltam “[...] é graças à proteção catódica que tubulações enterradas para o transporte de água, petróleo e gás, e grandes estruturas portuárias e plataformas marítimas operam com segurança.”

De acordo com Gentil (2011), basicamente, o material menos nobre, ou seja, que apresenta um potencial de redução mais negativo, atua como ânodo de sacrifício, enquanto o material com potencial menos negativo atua como cátodo, este procedimento é chamado de proteção catódica por ânodos de sacrifício. Ainda no mesmo contexto, Gentil (1996, p. 271) disserta “Neste processo o fluxo de corrente elétrica fornecido origina-se da diferença de potencial existente entre o metal a proteger e outro escolhido como anodo e que tem potencial mais negativo [...]”

A proteção catódica por corrente impressa consiste na adição de uma fonte geradora de corrente elétrica continua a estrutura metálica que se deseja proteger e a um anodo inerte, fazendo com que o metal escolhido como anodo apresente um potencial de redução mais negativo. A estabilidade da corrente ao longo do material faz com que haja a formação de películas passivantes (GENTIL, 1996; OLIVEIRA, 2012).

3.5.6. Proteção anódica

A proteção anódica é caracterizado pela formação de uma película protetora nos materiais metálicos, por meio da aplicação de uma corrente anódica externa. A adição dessa corrente faz com que haja uma polarização anódica, ou seja, faz com que haja a passivação do material metálico (GENTIL, 1996).

Segundo Gentil (1996), dois parâmetros são necessários para aplicação da proteção anódica, sendo

- o material metálico deve apresentar passivação no meio corrosivo em que se encontra;

- todas as partes expostas do material devem apresentar passivação, caso contrário, se cria uma grande área catódica inerte e, como consequência, surge ataque localizado.

3.6. Análise da Qualidade da Água

Para a FUNASA (2014), a qualidade da água sempre está relacionada à finalidade de sua utilização, ou seja, a água utilizada para uso industrial, navegação ou em hidrelétricas pode não ter a qualidade adequada para o abastecimento humano, recreação e preservação aquática.

Por se tratar da análise de água destinada ao abastecimento humano, recreação e preservação aquática, alguns parâmetros mínimos para sua utilização são estabelecidos, de acordo com a FUNASA (2014, p. 18-19-20) quanto aos indicadores de qualidade físicas

Temperatura: A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C.

Sabor e odor: A conceituação de sabor envolve uma interação de gosto (salgado, doce, azedo e amargo) com o odor. No entanto, genericamente usa-se a expressão conjunta: sabor e odor. Sua origem está associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns micro-organismos, notadamente algas.

Cor: A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferior a 1 µm – denominadas coloides – finamente dispersas, de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de ferro e manganês). [...] As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de 0 a 200 unidades.

Condutividade elétrica: a água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. As águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 µS/cm.

Turbidez: A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas). [...] Deve-se ressaltar que a turbidez, ao representar um requisito estético de qualidade na rede de distribuição, pode ter seu valor com variação de até cinco unidades em fim de rede.

Sólidos totais dissolvidos: A presença de sólidos na água é comentada neste tópico relativo aos parâmetros físicos, muito embora os sólidos possam, também, estar associados a características químicas ou biológicas. Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). [...] O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos (limite: 1000 mg/L)

Ainda em consonância com a FUNASA (2014, p. 20-21-25) esta estabelece alguns indicadores de qualidade química, sendo os principais

pH: O potencial hidrogênio (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H⁺). É calculado em escala antilogarítmica, abrangendo a faixa de 0 a 14 (inferior a 7: condições ácidas; superior a 7: condições alcalinas). [...] Em águas de abastecimento, baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações.

Oxigênio Dissolvido: trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático. É sabido que a dissolução de gases na água sofre a influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade). As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. Para a manutenção da vida aquática aeróbica são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg/L a 5 mg/L, exigência de cada organismo.

O Art. 4º da Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas doces em cinco classes: classe especial e classes I, II, III e IV. Estas classes são divididas a partir da análise de alguns fatores, que são: destinação da água, tipo de tratamento utilizado, etc (CONAMA, 2005).

Ainda Conforme o CONAMA (2005, p. 3-4)

classe especial: águas destinadas: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

classe I: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

classe II: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca.

classe III: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação

de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.

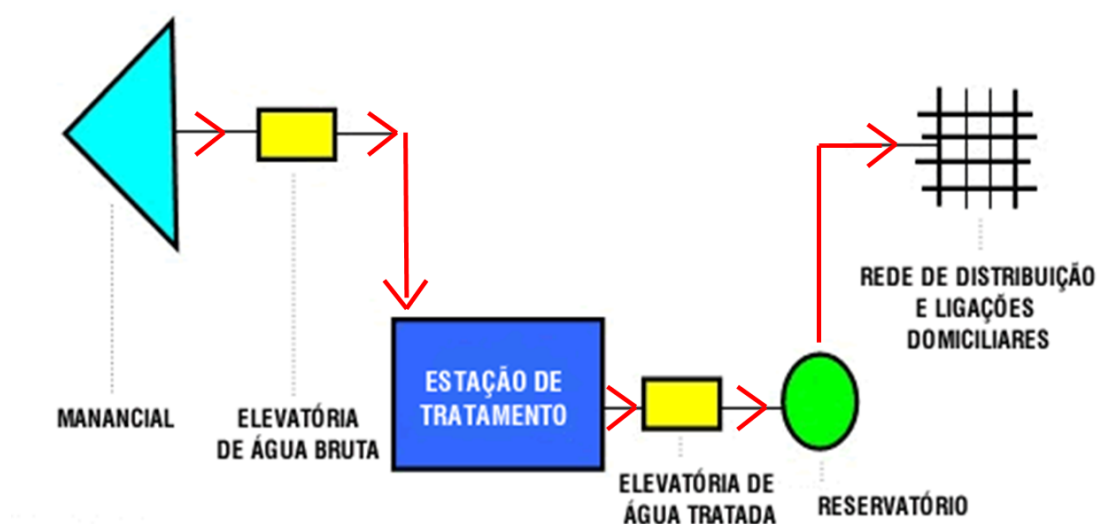
classe IV: águas que podem ser destinadas: à navegação e à harmonia paisagística.

3.7. Adutoras

Segundo a FUNASA (2014), adutoras pode ser definido como o conjunto de tubulações, peças e obras de arte, designadas a possibilitar o transporte de água entre o manancial e a população, ou ainda, segundo Terassaka (2014), adutoras tem o intuito de promover a circulação de água do abastecimento urbano entre a captação, a estação de tratamento de água, o reservatório e a rede de distribuição, não sendo necessariamente a mesma ordem em todos os casos.

A Figura 7 esquematiza o sistema de abastecimento de água da CAGEPA na maioria de seus mananciais.

Figura 7: Sistema de abastecimento de água da CAGEPA



Fonte: CAGEPA/adaptado, 2018.

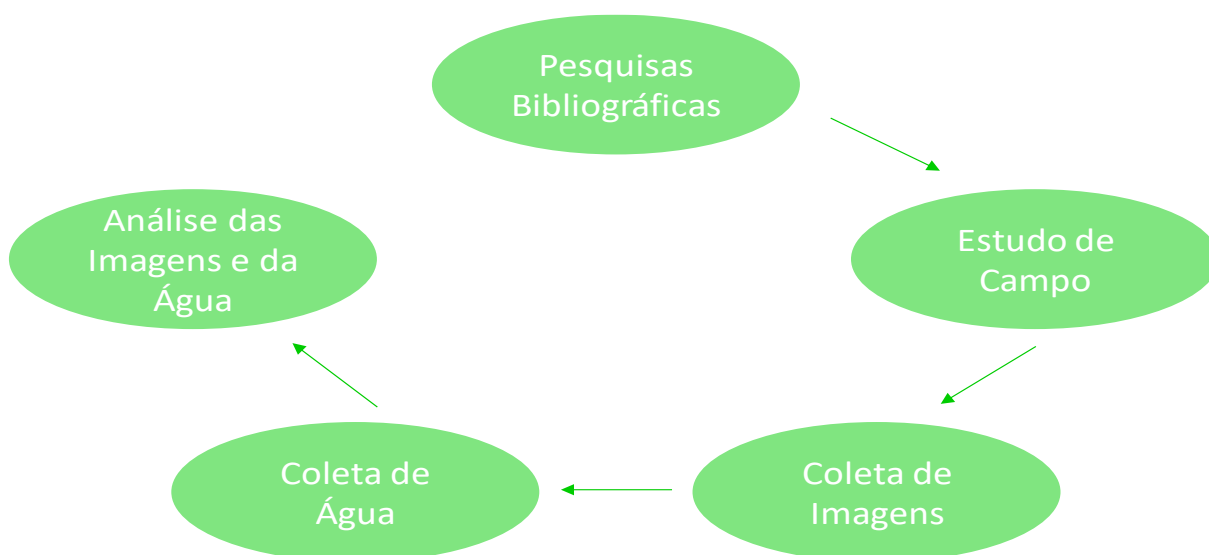
Comumente, a falha em tubulações ocorre devido a processos corrosivos (AMARAL; FREITAS; SISQUINI, 2012). Portanto, o uso de técnicas preventivas/corretivas contra a corrosão possibilita uma melhor vida útil destes equipamentos (OLIVEIRA, 2012).

4. METODOLOGIA

O presente trabalho trata de um estudo descritivo com caráter qualitativo. Com a finalidade de explanar da melhor forma possível a temática estudada, foram realizadas pesquisas bibliográficas, a partir de monografias, artigos, revistas e em periódicos na internet. Além disso, foi realizado um estudo de campo com o objetivo de coletar fotografias e água, para realizar suas análises.

A Figura 8 ilustra o fluxograma com os procedimentos adotados para consumação deste trabalho.

Figura 8: Fluxograma da pesquisa

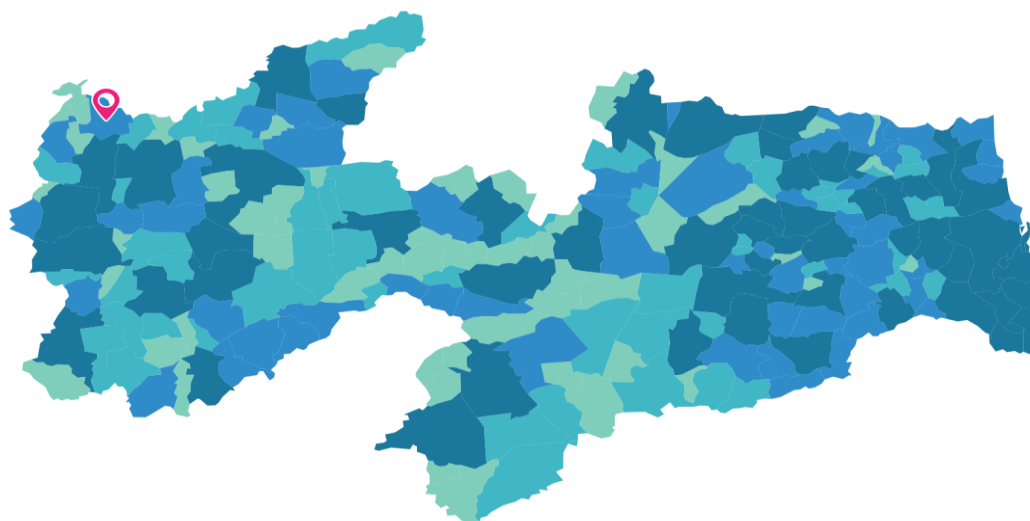


Fonte: Próprio autor, 2019.

4.1. Uiraúna

O cenário do estudo foi o açude Capivara correspondente ao município de Uiraúna-PB (Figura 9), que fica localizada na região Nordeste do Brasil, oeste da Paraíba, estando a uma distância aproximada de 485,8 km da capital João Pessoa, e ainda tendo como microrregião as cidades de Cajazeiras e Sousa e mesorregião o Sertão Paraibano e que, de acordo com os dados obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conta com uma população de 14.584 habitantes (IBGE, 2010).

Figura 9: Localização de Uiraúna na Paraíba



Fonte: IBGE, 2019.

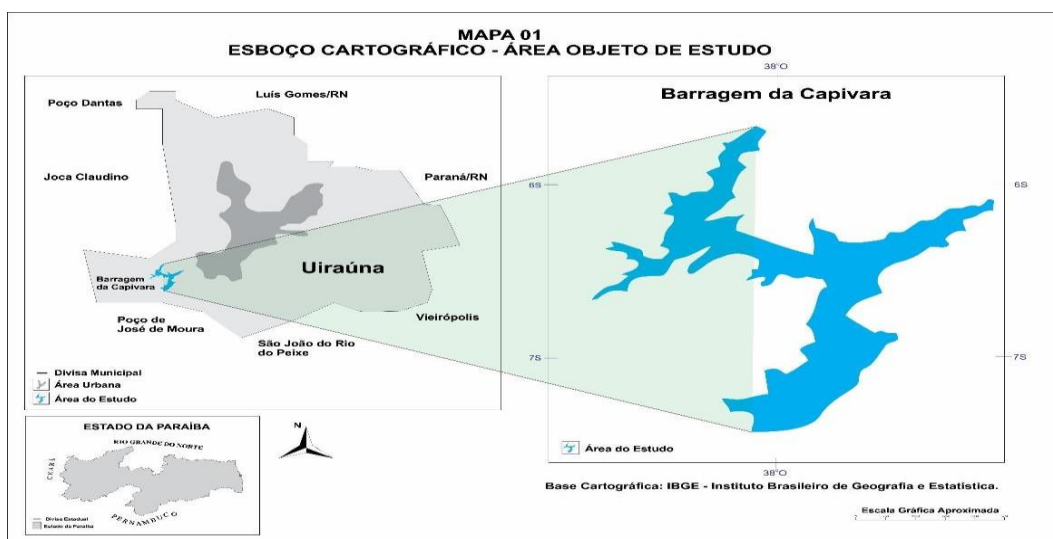
Segundo Fonsceca (2015, p. 22)

Quanto à hidrografia do município, o mesmo apresenta uma pluviosidade em média de 300 a 500 mm ao ano. Não possui rios importantes, apenas destaca-se o Rio do Peixe temporário, cuja nascente é na serra do distrito de Tanques no município de Poço Dantas, seguindo em direção a São João do Rio do Peixe. Salientando que o abastecimento d'água da cidade primeiro se deu a partir de cacimbão da prefeitura ou em pequenas cacimbas cavadas nos leitos dos açudes e rios secos. Depois passou a ser feito através do Açude público do Arrojado, que passava por um processo de tratamento do órgão estadual da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

4.2. Barragem Capivara

Construído em 2002, na bacia do Rio Piranhas, sub-bacia do Rio do Peixe, o sistema adutor Capivara fornece água para as necessidades humanas de nove municípios: Uiraúna, Bernardino Batista, Joca Claudino, Lastro, Poço de José de Moura, Poço Dantas, São Francisco, Vieirópolis, Santa Cruz e para o distrito de São Pedro, totalizando uma área de 1.233,254 km² e uma população de 46.560 mil habitantes (IBGE, 2010, apud FONSCECA, 2015). E ainda segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESAs), atualmente, a barragem Capivara, representada na Figura 10, suporta uma capacidade máxima de 37.549.827m³ de água (AESAs, 2018).

Figura 10: Área da barragem da Capivara



Fonte: Adriana, 2015.

A grande estiagem na região Nordeste e problemas relacionados a alta evaporação, perdas, desperdícios e ao transporte de carros-pipas para abastecimento de cidades, que não estão no projeto de abastecimento da adutora Capivara, contribuíram para que esta entrasse em estado de racionamento (CAGEPA, 2018; FONSCECA, 2015), conforme é evidenciado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Variação do volume do reservatório nos últimos 10 anos



Fonte: AESA, 2018.

4.3. Análise dos Processos Corrosivos

Este referido estudo apresenta uma discussão explanada acerca dos processos corrosivos presentes na barragem Capivara (Figura 11). Expondo de um modo geral, a corrosão e os seus mecanismos de ocorrência, bem como os métodos de prevenção/proteção contra esse processo de deterioração dos materiais, geralmente metálicos, analisando ainda a influência destes processos na qualidade da água da referida adutora.

No decorrer do estudo de campo, foram coletadas imagens dos equipamentos, tubulações, estruturas e peças metálicas contidas na barragem Capivara, na sua estação de tratamento e rede de distribuição de água. Além disso, foram aplicadas as técnicas do triângulo de corrosão para identificação do material, do meio corrosivo e das condições operacionais, traçando um diagnóstico a fim de prevenir/proteger os materiais do fenómeno corrosão.

Figura 11: Barragem Capivara



Fonte: Próprio autor, 2019.

4.4. Análise da Água

Ainda no decorrer do estudo de campo, foram coletadas 5 amostras de água por dia, durante um período de 3 dias. A Figura 12 mostra os pontos nos quais foram realizadas as coletas de água, sendo 3 amostras coletadas no ponto A, 3 coletas no ponto B, 3 coletas no ponto C, 3 coletas no ponto D e 3 coletas no ponto E, totalizando 15 coletas de água.

Figura 12: Pontos das coletas de água



Fonte: Google Earth/adaptada, 2019.

Como recomenda a FUNASA (2014), as amostras de água foram coletadas em recipientes herméticos, ilustrado na Figura 13, estas foram submetidas a análises físico-químicas por intermédio da Sonda Multiparâmetros HORIBA U-50 (Figura 14), fabricada pela HORIBA Process & Environmental.

Para tanto, foram realizados os seguintes procedimentos: coleta de 2 litros de água em um recipiente adequado, adição da amostra, uma por vez, em um becker de 2 L e, posteriormente, a adição da sonda no becker por cerca de 60 segundos, em seguida foram lavados os materiais utilizados com água destilada para

realização de novas análises. Após este procedimento foram obtidos os seguintes parâmetros:

- Temperatura
- pH;
- Potencial de oxi-redução (ORP);
- Condutividade;
- Turbidez;
- Oxigênio dissolvido (OD);
- Total de sólidos dissolvidos (STD);
- Salinidade.

Figura 13: Recipiente hermético



Fonte: Próprio autor, 2019.

Figura 14: Sonda Multiparâmetros HORIBA U-50



Fonte: Próprio autor, 2019.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Análise da Corrosão

5.1.1. Tubulações

A partir da análise das fotografias realizadas neste referido trabalho, constatou-se dois tipos de processos corrosivos presentes nas tubulações de ferro fundido. Nas Figuras 15 e 16, ambas a mesma tubulação, pode-se identificar a corrosão uniforme, que se caracteriza pela perda homogênea de espessura em toda a superfície do material, e a corrosão pites, que se dá pela formação de cavidades que apresentam profundidade maior que seu diâmetro (GENTIL, 1996).

Figura 15: Tubulação de ferro fundido A



Fonte: Próprio autor, 2019.

Figura 16: Tubulação de ferro fundido B



Fonte: Próprio autor, 2019.

Neste caso, a exposição da tubulação de ferro fundido às condições atmosféricas como chuva, sol, umidade oriundo das águas que passam em seu

interior, bem como a parte inferior da tubulação estar em contato direto com o solo e geralmente estes ambientes apresentam uma heterogeneidade elevada, contribuíram para um meio propício à corrosão (CASTRO, 1999).

A presença de processos corrosivos em partes da tubulação, denota um tratamento imediato, a fim de proteger contra este fenômeno. Para que não haja a necessidade de trocar a peça futuramente, é necessário tomar algumas providências, sendo elas a limpeza do material, podendo ser manual ou mecânica, e posteriormente o revestimento da tubulação por meio de tintas à base de resina poliuretânicas. Neste contexto, Pannoni (2015, p. 62) ressalva “[...]sistemas de pintura mais robustos custam muito menos ao longo da vida útil do projeto de uma dada estrutura do que sistemas mais simples de proteção, que exigem manutenção frequente (e onerosa).”

Em virtude do material estar em contato com o solo, outra alternativa seria a aplicação de um sistema de proteção catódica por corrente impressa, adicionado uma fonte geradora de corrente contínua, fazendo com que o anodo inerte oxide ao invés do ferro.

A tubulação, apresentada na Figura 17, apresenta o mesmo material do caso anterior e está sujeita às mesmas condições operacionais, porém, neste caso não há contato direto entre o solo e o metal. Portanto, o meio corrosivo é apenas o ar atmosférico.

Figura 17: Tubulação de ferro fundido C



Fonte: Próprio autor, 2019.

Apesar deste caso não estar submetido aos mesmos meios corrosivos das Figuras 15 e 16, este apresenta níveis de corrosão uniforme em trechos de sua estrutura, necessitando de uma limpeza manual e, posteriormente, a aplicação de tintas à base de resina poliuretânicas ao longo de toda a superfície do material, a fim de evitar o contato direto entre o metal e o meio eletrolítico.

5.1.2. Parafusos e acessórios

Nos parafusos utilizados para fixação das diversas peças presentes no referido estudo, constatou-se claramente a presença de dois tipos de processos corrosivos, sendo eles a corrosão uniforme ao longo de toda sua superfície e a corrosão por placas, que é caracterizada pelo desprendimento de pequenas placas ao longo de todo material, como é mostrado nas Figuras 18 e 19 (GENTIL, 1996).

Figura 18: Parafusos de fixação A



Fonte: Próprio autor, 2019.

Figura 19: Parafusos de fixação B



Fonte: Próprio autor, 2019.

Com relação aos parafusos, as condições operacionais para este caso são as tensões e fadiga ocasionadas pelas altas pressões das bombas hidráulicas, além disso, estes estão expostos a chuva, sol e tem como meio corrosivo o ar atmosférico.

Por apresentarem estado de corrosão avançados, o processo de limpeza, seja manual ou mecânico, não serviria, pois, estes procedimentos poderiam danificar a rosca dos parafusos, inviabilizando a aplicação do revestimento protetor. Portanto, o ideal seria a troca do material seguido de manutenções periódicas.

5.1.3. Braçadeiras

Nas braçadeiras, que tem como principal intuito promover a fixação das tubulações, é perceptível a corrosão uniforme ao longo de toda sua superfície metálica, conforme mostra a Figura 20.

Figura 20: Braçadeira de fixação



Fonte: Próprio autor, 2019.

As condições operacionais e o meio corrosivo deste caso se assemelham ao caso anterior, tendo apenas as condições atmosféricas e o ar como meio corrosivo. Entretanto, como o ambiente é propício ao acúmulo de água, este fator pode ter influenciado no processo corrosivo do metal mais frágil a intempéries, como pode ser evidenciado pelo elevado nível de corrosão na braçadeira.

Apesar de haver um revestimento, percebe-se que somente o uso desta técnica não foi possível para diminuir ou até mesmo evitar os processos corrosivos. Uma solução seria realizar a limpeza e aplicação de um novo revestimento, como tintas à base de resina poliuretânicas, e, posteriormente, adicionar um material isolante, como um polímero, a fim de evitar o contato direto entre a tubulação e braçadeira.

5.1.4. Boias

Nas boias de sustentação das bombas hidráulicas, observou-se três tipos de corrosão ao longo de suas estruturas de ferro, sendo elas, corrosão uniforme, corrosão por alveolar e corrosão por placas, conforme são observados nas Figuras 21 e 22.

Figura 21: Boias parcialmente submersas A



Fonte: Próprio autor, 2019.

As boias da Figura 21, por estarem parcialmente submersas, tem como condições atmosféricas, sol, precipitações pluviométricas, evaporação de gases e como meio corrosivo a água e o ar úmido.

Figura 22: Boia parcialmente submersa B



Fonte: Próprio autor, 2019.

As mesmas condições operacionais e meios corrosivos vistos no caso anterior são aplicados a este caso, porém com o acréscimo do solo como meio corrosivo. A junção dos meios ar, solo e água, ocasionaram processos corrosivos mais avançados, como foi visto na Figura 22.

Um dos fatores que pode ter influenciado, visto que ambos possuíam revestimentos a base de tintas, pode ter sido a ausência de manutenções periódicas. Nesse contexto Iantas (2010, p. 22) ressalta

A falta de manutenção faz com que pequenas manifestações patológicas, evoluam para situações de baixo desempenho das suas finalidades, com ambientes insalubres, de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação.

Em virtude da existência de processos corrosivos avançados em ambos os casos, é conveniente que haja a substituição dessas boias por boias constituídas de polímeros, dispensando o uso de revestimentos protetores.

5.1.5. Escadas

Na escada composta por ferro, representada na Figura 23, que tem como função proporcionar o acesso dos agentes da CAGEPA até o reservatório, pôde-se identificar a corrosão do tipo uniforme ao longo de toda sua extensão.

Figura 23: Escada do reservatório



Fonte: Próprio autor, 2019.

A escada está exposta diretamente às condições atmosféricas e como há interação do oxigênio com o metal, este processo se caracteriza como uma corrosão eletroquímica. Visto que há perda de homogeneidade de espessura ao longo do material, o ideal seria a remoção de todo o produto da proveniente da corrosão e, em seguida, a aplicação de um revestimento não metálico orgânico, como as tintas resistentes a intempéries.

5.1.6. Peças de junção

As peças de interligação entre uma tubulação e outra, apresentaram dois tipos de corrosão distintas, sendo eles a corrosão uniforme, a corrosão por placas, como pode ser visto nas Figuras 24 e 25.

Figura 24: Peças de junção A



Fonte: Próprio autor, 2019.

Figura 25: Peça de junção B



Fonte: Próprio autor, 2019.

Nos dois casos, os materiais estão sujeitos as mesmas condições atmosféricas, chuva e sol e aos mesmos meios corrosivos, que é o ar atmosférico, estes fatores aliados a ausência de um material isolante entre as juntas, pode ter contribuído para a ocorrência da corrosão.

Para as peças de junção, o ideal seria a limpeza destas de forma mecanizada e, em seguida, a aplicação de um revestimento protetor não metálico orgânico, como tintas à base de resina poliuretânicas, com o intuito de garantir um maior grau de proteção das peças, seria indicado a presença de um material isolante entre as juntas a fim de evitar vazamentos, processos corrosivos, etc.

5.1.7. Bombas hidráulicas

A rede de distribuição de água de Uiraúna-PB consta com quatro bombas hidráulicas que promovem o abastecimento de água entre a população e as cidades circunvizinhas. Destas, duas foram escolhidas como objeto de estudo. Em ambos os casos, pôde-se notar processos corrosivos do tipo uniforme em suas estruturas, conforme é mostrado nas Figuras 26 e 27.

Figura 26: Bomba A



Fonte: Próprio autor, 2019.

A bomba analisada, mostrada na Figura 26, não estava exposta às condições atmosféricas como a chuva ou o sol, entretanto, por haver vazamentos, esta tinha como meios corrosivos o ar úmido e a água.

Figura 27: Bomba hidráulica B



Fonte: Próprio autor, 2019.

Apesar das duas bombas se localizarem no mesmo ambiente e estarem sujeitas as mesmas condições atmosféricas, a bomba da Figura 27 difere do caso anterior por não haver água como meio corrosivo, existindo apenas o ar úmido.

Ambas as bombas estão sujeitas a altas temperatura devido seu longo período de funcionamento, cerca de 16 horas por dia, e depois a baixas temperaturas, devido ao seu desligamento, gerando uma variação de temperatura (CAGEPA, 2019). Nesse mesmo contexto, Brambilla (2011 p. 16) ressalva “As flutuações de temperatura também têm grande influência na velocidade de corrosão atmosférica, pois acarretam alterações na umidade relativa.”

De início, para o primeiro caso, é necessária a substituição da peça que está ocasionando o vazamento de água, eliminando conseqüentemente, a ação de um meio corrosivo. Posteriormente, é indicado a remoção de todo produto corrosivo e a aplicação de tintas à base de resina alquídicas, atentando-se a manutenções periódicas.

5.1.8. Reservatórios

Os reservatórios analisados são cilíndricos verticais, fabricados em aço ASTM A 36 e SAC 300, como recomenda a NBR 7821/01983 (DIPAWA, 2019). Apesar do

SAC 300 ser um material resistente à corrosão, a ausência de manutenção pode ter ocasionados os processos corrosivos do tipo uniforme em ambos os reservatórios. Como se pode observar, a cor alaranjada nas grades superiores e ao redor dos cilindros das Figura 28 e 29 são produtos da corrosão, popularmente conhecida como ferrugem.

Figura 28: Reservatório cilíndrico A



Fonte: Próprio autor, 2019.

Figura 29: Reservatório cilíndrico B



Fonte: Próprio autor, 2019.

Apesar dos reservatórios estarem em lugares distintos, ambos estão sujeitos as mesmas condições atmosféricas e consequentemente aos mesmos meios corrosivos. Por se tratar de um reservatório de água potável, a presença de corrosão denota um tratamento imediato. Portanto, é conveniente que as grades sejam substituídas e que haja uma limpeza a fim de retirar todo material oriundo de processos corrosivos, e por fim, a aplicação de uma camada de revestimento não metálico orgânico.

5.2. Análise da Água

Se encaixando na classe II das águas doces, a análise de qualidade da água se baseia na comparação de suas características físico-químicas com padrões estabelecidos para os diversos tipos de usos previstos, como o abastecimento humano, recreação e preservação aquática.

Nesse mesmo contexto, Magalhães (2006, p. 38) ressalta

A água é um solvente quimicamente muito ativo capaz de reagir com o meio percolado incorporando substâncias orgânicas e inorgânicas. Desta forma, quando considerados exclusivamente processos naturais, os principais constituintes presentes nas águas resultam de processos físicos e químicos de intemperismo de rochas.

Para tanto, foram realizadas coletas de água em lugares distintos da cidade de Uiraúna-PB, nos dias 13, 15 e 16 de fevereiro do ano de 2019. Por intermédio da Sonda Multiparâmetros HORIBA U-50 foram obtidas as propriedades físico-químicas destas amostras, como mostram os Quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1: Parâmetros analisados a partir da Sonda HORIBA U-50

Data: 13/02/2019	Horário: 16:00	Cidade: UIRAÚNA-PB			
Parâmetros	Centro	Casinhas	Gafarrão	Reservatório	Barragem Capivara
Temperatura (°C)	28,53	27,94	28,03	28,52	28,24
pH	5,05	5,54	5,42	4,92	5,6
Potencial de oxi-redução (mV)	387	395	403	385	405
Condutividade (mS/cm)	0,301	0,315	0,294	0,287	0,292
Turbidez (NTU)	5,6	3,2	2,7	3,2	12,9
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,9	6,71	6,89	9,74	7,76
Oxigênio dissolvido (%)	102,8	86,5	89	123,7	100,5
Total de sólidos dissolvidos (g/L)	0,196	0,194	0,18	0,221	0,206
Salinidade (PPT%)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01

Fonte: Próprio autor, 2019.

Quadro 2: Parâmetros analisados a partir da Sonda HORIBA U-50

Data: 15/02/2019	Horário: 16:00	Cidade: UIRAÚNA-PB			
Parâmetros	Centro	Casinhas	Gafarrão	Reservatório	Barragem Capivara
Temperatura (°C)	28,72	28,69	28,76	29,01	28,81
pH	5,46	5,26	5,11	4,78	5,51
Potencial de oxidação-redução (mV)	390	399	394	379	398
Condutividade (mS/cm)	0,297	0,321	0,292	0,289	0,281
Turbidez (NTU)	4,5	4,9	5,6	3,8	11,3
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,37	7,43	7,35	8,89	6,14
Oxigênio dissolvido (%)	96,1	96,9	96,1	116,5	80,1
Total de sólidos dissolvidos (g/L)	0,203	0,219	0,199	0,198	0,192
Salinidade (PPT%)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01

Fonte: Próprio autor, 2019.

Quadro 3: Parâmetros analisados a partir da Sonda HORIBA U-50

Data: 16/02/2019	Horário: 16:00	Cidade: UIRAÚNA-PB			
Parâmetros	Centro	Casinhas	Gafarrão	Reservatório	Barragem Capivara
Temperatura (°C)	28,61	28,89	28,35	28,87	29,45
pH	4,54	4,41	4,7	3,88	4,36
Potencial de oxidação-redução (mV)	460	464	458	458	469
Condutividade (mS/cm)	0,298	0,314	0,338	0,389	0,31
Turbidez (NTU)	5,3	3	2,5	0,9	9,8
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,86	6,16	5,54	7,43	7,18
Oxigênio dissolvido (%)	76,3	80,6	72,4	97,1	94,7
Total de sólidos dissolvidos (g/L)	0,203	0,212	0,227	0,293	0,21
Salinidade (PPT%)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01

Fonte: Próprio autor, 2019.

Para utilização da água é de suma importância a análise de sua qualidade, tendo em vista que as concentrações anômalas de determinados elementos podem causar prejuízos não só ao meio ambiente, mas como a saúde pública (MAGALHÃES, 2006). Portanto, fez-se necessário realizar a análise de cada parâmetro separadamente.

5.2.1. Quanto à temperatura

De acordo com as coletas das amostras de água, dispostas nos Quadros 1, 2 e 3, estes apresentaram temperaturas em faixas similares aos ambientes aquáticos brasileiros, ou seja, variações na faixa de 20 °C a 30 °C (FUNASA, 2014).

5.2.2. Quanto ao pH

O intervalo de pH para águas de abastecimento é estabelecido pela Portaria MS n.º 2914/2011 entre 6,5 e 9,5 (FUNASA, 2014). Logo, a partir dos valores de pH obtidos através das análises físico-químicos da água de Uiraúna-PB, nenhum destes apresentaram valores adequados.

Além disso, em conformidade com Castro (1999), águas com níveis de pH inferiores a 4,5 são extremamente agressivos. Neste contexto, ainda fazendo uso dos valores de pHs, três amostras do Quadro 3 apresentaram valores que são extremamente agressivos aos metais, que são: Bairro Casinhas pH= 4,41, Reservatório da rede de distribuição pH=4,36 e barragem Capivara com pH=3,88, sendo estes os mais agressivos, evidenciando seus altos níveis de corrosão nas tubulações.

Um dos métodos para prevenção da corrosão dos encanamentos é a correção do pH. Este método consiste na alcalinização da água para remoção do gás carbônico livre, gerando uma película de carbonato na superfície interna da tubulação. Para a formação desta camada ou película protetora, comumente é utilizado o hidróxido de cálcio para a elevação do pH da água até o seu ponto de saturação (FUNASA, 2014).

5.2.3. Potencial de oxi-redução

O Potencial de oxi-redução, em suma, pode ser definido como a característica do ambiente quanto à fugacidade de oxigênio (reduztor/oxidante), ou seja, o oxigênio é o fator que mais contribui para o aumento do potencial redox. Este pode controlar inúmeras processos químicos que ocorrem na natureza (MAGALHÃES, 2006).

De acordo com a Equação 2, o potencial de oxi-redução da água é de 0,4V, ou 400 mV. Logo, se pode detectar variações nos potenciais redox das amostras coletadas, sendo o maior valor encontrado na barragem Capivara correspondente ao Quadro 3 $E^0 = 469$ mV. Como é sabível que o oxigênio influencia neste parâmetro, este pode ter sido responsável por esta alteração, ocasionando possíveis processos corrosivos nas tubulações e equipamentos desta adutora.

5.2.4. Quanto à condutividade

Quanto maior a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, maior será sua concentração iônica da solução e, conseqüentemente, maior será a chance para ação eletroquímica. Para águas naturais, os teores de condutividade elétrica devem estar na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S/cm}$, ou seja, valores entre 0,01 e 0,100 mS/cm (FUNASA, 2014).

Analisando o parâmetro da condutividade, se observa que todas as amostras apresentaram teores de condutividade acima do permitido, com ênfase nos dados obtidos no reservatório do Quadro 3, pois este apresentou o maior teor de condutividade, 0,389 mS/cm . Logo, quanto maior a condutividade, maior será a ação eletroquímica, fato este que pode ter influenciado nos altos níveis de corrosão encontrados nas tubulações da rede de distribuição.

5.2.5. Quanto à turbidez

Sabendo-se a turbidez representa apenas um requisito estético em corpos d'água nos quais não há lançamento de esgotos e para estes casos seus valores devem estar contidos entre 1 e 5 UT (FUNASA, 2014).

Logo, este parâmetro sofreu grandes variações não só em bairros distintos da cidade, mas também nas análises realizadas nos mesmos bairros em dias

diferentes. Com relação aos altos valores de UT obtidos na barragem Capivara e aos baixos valores obtidos no reservatório, estes podem ser compreendidos: no primeiro caso pôr se tratar de água bruta, sem tratamento adequado para o consumo humano, enquanto o segundo caso pode ser explicado devido a ser uma água coletada logo após o reservatório da rede de distribuição.

5.2.6. Quanto ao oxigênio dissolvido

A partir das análises das amostras de água coletadas, se observa elevadas variações de oxigênio dissolvido (OD). Sabendo que teor de OD na água está diretamente relacionado a processos corrosivos, tendo em vista que, naturalmente, o ambiente terrestre é oxidativo e isto se dá devido à presença de oxigênio e água (O_2 e H_2O), logo, os metais quando em contato com estas substâncias, tendem a sofrer oxidação de forma espontânea (MAIA et al., 2015).

Na medida em que oxigênio atinge a superfície de um metal, esta controla a taxa de corrosão, podendo ser de se manifestar dois tipos de corrosão, que são aeróbicas e anaeróbicas. Além disso, o oxigênio é responsável por acelerar ações de outros gases, como é o caso do dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio (DUTRA, 2018).

Quanto a quantidade de oxigênio dissolvido a Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece valores não inferiores à 5 mg/L para águas doces de classe II. Logo, a partir da análise do OD disposto nos Quadros 1, 2 e 3, foi constatado que todos os resultados estavam em conformidade com os padrões estabelecidos pelo CONAMA (CONAMA, 2005).

5.2.7. Quanto ao total de sólidos dissolvidos

De acordo com os dados obtidos através das análises coletadas, outro parâmetro que sofreu variações em suas amostras, foi a quantidade de sólidos totais dissolvidos na água (STD), como constam nos Quadros 1, 2 e 3.

Entretanto, os valores obtidos para STD não ultrapassaram os valores permitidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, que recomenda 500 mg/L, ou seja 0,500 g/L de sólidos dissolvidos totais para águas doces de classe II (CONAMA, 2005).

5.2.8. Quanto à salinidade

A concentração de sais dissolvidos (íons) na água influencia diretamente na capacidade da água em absorver oxigênio, uma vez que o aumento da salinidade diminui a solubilidade do O₂ na água (FILHO, FIORUCCI, 2005).

Para águas doces, comumente, os valores referentes a salinidade são de até 0,5 PPT, ou seja, 0,05 PPT% (COUTO, 2004). Portanto, apesar de haver variações análises referentes a salinidade dos Quadros 1, 2 e 3, podendo ser oriundos do tratamento realizado na ETA, estes, ainda se encontram de acordo com padrão.

5.2.9. Influência dos principais parâmetros da água

A partir dos resultados obtidos, constatou-se uma variação em alguns parâmetros da qualidade da água ao passar pelas tubulações da adutora Capivara, causada, possivelmente, pelo produto da corrosão presentes nestes equipamentos, visto que parâmetros como pH, potencial de oxi-redução, condutividade, oxigênio dissolvido e salinidade apresentam relação direta com essa taxa de corrosão.

As análises referentes ao pH, potencial de oxi-redução, condutividade e turbidez apresentaram variações que fogem dos padrões da qualidade da água estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA. Logo, é conveniente que água deste sistema de abastecimento esteja dentro dos padrões, não só a fim de minimizar a corrosão, como também evitar doenças, visto que o consumo desta água pode ser também alimentício.

6. CONCLUSÃO

Em virtude dos fatos evidenciados, pôde-se constatar que a corrosão corresponde a deterioração dos materiais, geralmente metálicos. Este fenômeno ocorre de forma espontânea e está comumente presente no nosso dia a dia.

Por meio dos registros fotográficos, foi possível identificar a corrosão uniforme como sendo a mais comum no objeto de estudo. Em seguida vem a corrosão por placas, por pites e alveolar.

Ainda fazendo uso destas imagens, foi possível identificar também os materiais, fabricados em ferro e aço, expostos aos meios, oxigênio, água e solo, bem como suas condições operacionais, chuva, sol e umidade. Por meio do conhecimento destes três parâmetros, foi possível construir o triângulo de corrosão e, conseqüentemente, traçar um diagnóstico e tratamento, a fim de minimizar ou até mesmo erradicar possíveis deteriorações destes materiais ocasionados pelo fenômeno da corrosão.

A partir da análise laboratorial das águas coletadas na cidade de Uiraúna-PB, observou-se que a água apresenta variações em alguns parâmetros que podem ter influenciado nos processos corrosivos e na qualidade da água que chega até a população, sendo os principais, pH, potencial de oxi-redução, condutividade e turbidez.

Em consequência dos resultados encontrados individualmente de cada equipamento presente neste referido trabalho, a presença de corrosão nestes materiais, denotam a necessidade urgente de um tratamento. Com relação as bombas hidráulicas, por não estarem expostas diretamente a intempéries, pode-se utilizar tintas à base de resinas alquídicas. Para os demais casos que necessitam de um revestimento protetor não metálico orgânico, aconselha-se o uso de tintas à base de resina poliuretânicas. Entretanto, para o caso das tubulações em contato direto com solo, faz-se necessário o uso da proteção catódica por corrente impressa.

Em contrapartida, devido aos processos avançados de corrosão em alguns equipamentos e acessórios, como é o caso dos parafusos, boias e grades dos reservatórios, é conveniente que estes sejam substituídos, pois não exercem mais suas devidas funções adequadamente. Atentando-se que para todos os casos deve haver manutenções periódicas a fim de preservar o metal.

Por meio deste referido estudo, foi possível identificar os processos corrosivos presentes na barragem Capivara, expondo, de um modo geral, a corrosão e os seus meios de ocorrência, assim como os métodos e táticas de prevenção e proteção dos metais. Além de fornecer importantes parâmetros da qualidade da água, como, temperatura, pH, potencial de oxi-redução, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, total de sólidos dissolvidos e salinidade desta adutora para a população de Uiraúna-PB e cidades circunvizinhas.

Por fim, devido às limitações existentes neste trabalho relacionada às análises fotográficas e análises físico-químicas da água e, sabendo do amplo campo de estudo da corrosão, este referido trabalho pode contribuir grandemente para estudos futuros acerca dos processos corrosivos na barragem Capivara, a partir da análise da composição química dos objetos estudados, análises dos solos e do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (org.). Disponível em: <http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf>. Acesso em 2 nov. 2018.

AESA- Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (org.). Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaGraficos&codAcude=9633>>. Acesso em 31 out. de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RJ). Manutenção de Edificações – Procedimento: NBR 5674/99. Rio de Janeiro, 1999

AMARAL, R. S; FREITAS, M. S. R; SISQUINI, G. S. Análise de segurança de dutos com defeitos de corrosão via método form. REM R. Esc. Minas, Ouro Preto, p. 467-473, 2012.

BRAMBILLA, K.J.C. Investigação do grau de corrosividade sobre materiais metálicos das redes Aéreas de distribuição de energia elétrica (Rd) da região metropolitana de Salvador-BA. Universidade Federal do Paraná-UFPR. Curitiba, 2011.

CAGEPA- Companhia de Água e Esgotos da Paraíba(org.). Disponível em: <<http://www.cagepa.pb.gov.br/outras-informacoes/abastecimento-de-agua/tratamento/>>. Acesso em 05 nov. de 2018.

CASTRO, E. M. C. De. Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica. Ouro Preto, 1999.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente (org.). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 53, p. 58-63, 2005.

COUTO, J. L. V. Salinidade. UFRJ, 2004. Disponível em: <<http://ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/sal.htm>>. Acesso em 01 fev. 2019.

DIPAWA. **Reservatório cilíndrico vertical de fundo cônico** <<http://www.dipawa.com.br/novo/products/04-%252d-Reservatório-Cilíndrico-Verticial-de-Fundo-Cônico.html>>. Acesso em 15 fev. 2019.

DUTRA, Fernanda. **Corrosão da Água**. 2018. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/5447238/aula-corrosao-da-agua>>. Acesso em 05 fev. 2019.

FILHO, E. B e FIORUCCI, A. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos**. Química nova na escola, n. 22, 2005.

FONSCECA, A.S. **A importância da Barragem de Capivara no município de Uiraúna e cidades circunvizinhas**. Universidade Federal de Campina Grande-UFCG. Cajazeiras, 2015.

FUNASA. MINISTÉRIO DA SAÚDE. (Org.). **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2018.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.a., 1996.

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

GOOGLE. Google Earth. Version 9.2.80.4. 2019. **Imagem Aérea da Cidade de Uiraúna-PB**. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-6.52548755,-38.44114767,327.91544342a,8632.53433655d,35y,-4.7837664h,14.66989871t,0r>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

INTAS, L. C. **Estudo de caso: análise de patologias estruturais em edificação de Gestão Pública**. Universidade Federal do Paraná-UFPR. Curitiba, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). Cidades. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/uirauna/panorama>>. Acesso em 31 out. 2018.

MAIA, Daltamir Justino et al. **Experimento sobre a influência do pH na corrosão do ferro**. Química nova na escola, São Paulo, v.37, nº1, p. 71-75, 2015.

MAINIER, F. B; GUIMARÃES, P. I. C; MERÇON, F. **Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico**. Química nova na escola, n°.19, p. 11-14, 2004.

MAGALHÃES, S. V. **Hidroquímica e qualidade das águas superficiais e Subterrâneas em áreas sob Influência de lavras pegmatíticas nas Bacias dos Córregos Água Santa e Palmeiras, Município de Coronel Murta (MG)**. Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. Minas Gerais, 2006.

MACEDO, R, F. **Água, um direito fundamental**. Docplayer. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/50342140-Agua-um-direito-fundamental.html>>. Acesso em 19 nov. 2018.

NUNES, L. P; LOBO, A. C. O. **Pintura industrial na proteção anticorrosiva**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990.

OLIVEIRA, A. R. **Corrosão e tratamento de superfície**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Belém, 2012.

OLIVEIRA, G. D. **A aplicabilidade do uso do aço inoxidável em coberturas de edificações estruturadas em aço – Estudos de Caso**. Universidade Federal de Ouro Preto Escola de Minas. Ouro Preto, 2016.

OLIVEIRA, M. P. **Análise do processo corrosivo em dutos de ferro: um estudo de caso na adutora de Pau dos Ferros – RN**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pau dos Ferros. 2018.

PANNONI, F. D. **Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio**. 5ª Ed, 2011.

PANNONI, F. D. **Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio**. 6ª Ed, 2015.

RAMOS, J. E. T. **Corrosão**. Notas de aula. Ufersa. Campos Pau dos Ferros: Libreoffice Impress, 2017.

REBOUÇAS, A. C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. ResearchGate, p. 127-154, 1997. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/240972115_Agua_na_regiao_Nordeste_De_sperdicio_e_escassez>. Acesso em 08 dez. 2018.

TERASSAKA, Camila et al. **Abastecimento de água**. Universidade Paulista-UNP. Araçatuba, 2014.