



Avaliação do potencial corrosivo do solo em dutos utilizados para o transporte de água no Sertão de Pernambuco

Evaluation of the corrosive potential of soils in pipelines used for water transportation in the Sertão of Pernambuco

Érika Larissa Rodrigues da Silva¹, Adriana Nery Gomes Souto Paz de Melo², Suzana Pedroza da Silva^{3*}

Resumo: Em meio à emergência hídrica do país, principalmente no sertão nordestino, as adutoras se consagram como um meio de transporte de água eficaz. O solo é largamente explorado nas construções e representa um dos meios corrosivos mais influentes neste segmento. A corrosão pode causar fissuras e rupturas das estruturas construídas ocasionando prejuízos econômicos e ambientais. Visando prevenir tais incidentes, foi avaliada a corrosividade do solo e, monitorada a perda de massa nos tubos de ferro fundido dúctil sob a ação do solo. Nas análises químicas do solo foram determinados: pH, Ca, Mg, P, K, Na, Al, H, Fe, Cu, Zn, Mn, matéria orgânica (MO), carbono orgânico (CO) e calculadas a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátion (CTC), percentagem de saturação por alumínio (m%) e percentagem de saturação por bases (V%). Para corrosividade do solo utilizou-se o índice de Steinrath, sendo analisados pH, teor de umidade, resistividade, íons cloreto e sulfato. Os ensaios de perda de massa do tubo de ferro fundido dúctil foram realizados em amostras de solo como meio corrosivo, monitorando temperatura, resistividade, e perda de massa por corrosão. Os resultados obtidos mostraram que os solos são pouco corrosivos e o duto apresenta boa resistência à corrosão, apesar de apresentarem perda de massa ao longo do período do uso. É possível concluir que o solo em contato com os dutos de transporte de água apresenta baixa agressividade.

Palavras-chave: Análises Químicas; Perda de Massa; Taxas de Corrosão.

Abstract: In the midst of the country's water emergency, mainly in the northeastern backwoods, the water mains are consecrated as an effective means of transportation of water. The soil is widely exploited in the constructions one of the most influential corrosive means of the mains. Corrosion can cause cracks and ruptures of built structures causing economic and environmental damage. Aiming to prevent such incidents, the objective was the soil corrosivity was evaluated and the loss of mass in ductile cast iron pipes was monitored under the action of the soil. In the soil chemical analyzes, pH, Ca, Mg, P, K, Na, Al, H, Fe, Cu, Zn, Mn and organic matter (OM), organic carbon (OC) were calculated and the sum of bases (CTC), percentage of saturation by aluminum (m%) and percentage of saturation by bases (V%). For soil corrosivity the Steinrath index was used, being analyzed pH, moisture content, resistivity, chloride and sulfate ions. The ductile iron tube mass loss tests were performed using soil samples as a corrosive medium, monitoring temperature, resistivity, and loss of mass by corrosion. The results showed that the soils are not very corrosive and the duct presents good resistance to corrosion, although they present loss of mass throughout the period of the use. It is possible to conclude that the soil in contact with the water transport ducts presents low aggressiveness.

Key words: Chemical Analysis; Mass Loss; Corrosion Rates.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 12/08/2017; aprovado em 30/09/2017

¹Graduada em Licenciatura em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, erika.larissa.10@hotmail.com

²Graduada em Licenciatura em Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, adriananeryphn@hotmail.com

³Professora Adjunta, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, suzpedroza@gmail.com



INTRODUÇÃO

A construção de adutoras é um dos principais e mais eficazes meios de transporte de água e outros fluidos. No entanto, apesar dos vários benefícios decorrentes desse tipo de obra, é necessário ter atenção quanto aos impactos ambientais ocasionados, assim como, as possíveis deficiências na estrutura da obra que podem promover vazamentos e até derramamentos do fluido transportado (LIU et al., 2010).

Um dos fatores que influenciam na estrutura de adutoras é a corrosão (OKIONGBO; AKPOFURE, 2012; YAHAYA et al., 2011). Ela é definida como o processo de deterioração dos materiais, principalmente os metálicos. A forma com que ocorre a corrosão depende de algumas variáveis, tais como o material, o meio corrosivo e as condições operacionais do meio no qual o material está inserido (FRAUCHES-SANTOS et al., 2013; GENTIL, 2012; SILVA et al., 2015).

O solo é constituído pela matéria em suas três fases fundamentais: sólida, líquida e gasosa. A fase sólida corresponde a 45% do material que constitui o solo, e são provenientes do intemperismo sofrido por rochas locais ou até mesmo mais distantes. A fase líquida que corresponde a 25% da composição do solo tem sua origem na precipitação de águas de chuvas, sereno, neblina, orvalho e degelo, que em solução, contenha substâncias originalmente presentes nas fases sólidas e líquidas. A fase gasosa que também corresponde 25% da composição do solo é proveniente do ar existente na superfície, acrescido de quantidades variadas de gases biodegradados de matéria orgânica, sendo mais abundante o dióxido de carbono (biodegradação aeróbia) e outros como, o metano (biodegradação anaeróbia). Os outros 5% da composição do solo, correspondem à matéria orgânica, que são folhas, frutos, galhos, ramos, resto de animais, excrementos, entre outros resíduos que podem estar tanto na fase sólida quanto na líquida. A biodegradação da matéria orgânica é responsável pela formação do húmus, que geralmente, determina as propriedades físicas e características agrícolas do solo (DEB; SHUKLA, 2011).

O solo e a água são os dois principais meios corrosivos quando se trata da construção de adutoras. O solo merece um destaque ainda maior, devido a sua complexidade, tanto por suas variações na composição e riqueza de suas propriedades, quanto pelo fato de possuir interação com o meio ambiente. A corrosividade do solo pode ser definida como a propensão do ambiente para desenvolver o processo de corrosão (LOUREIRO, 2007). O estudo do comportamento dos meios corrosivos se constitui como uma importante ferramenta, visto que, com uma prévia determinação da ação agressiva destes, é possível criar mecanismos preventivos que visem minimizar ou até extinguir os possíveis danos à construção, evitando acidentes e desperdícios financeiros (GENTIL, 2012; NÓBREGA et al., 2003; SILVA; BRASIL, 2010).

A resistividade do solo é um parâmetro comumente utilizado nos critérios de avaliação de corrosividade do solo, no estudo dos processos corrosivos de estruturas metálicas enterradas (YAHAYA et al., 2011). A baixa resistividade indica que há uma grande quantidade de corrente elétrica fluindo entre as áreas anódicas e catódicas na superfície do metal, acelerando o seu processo corrosivo, enquanto, que solos com alta resistividade tendem a bloquear a passagem dessa corrente, diminuindo a incidência de processos corrosivos (SILVA; BRASIL, 2010; YAHAYA et al., 2011).

Os ensaios de perda de massa de materiais metálicos se constituem como um método preciso e confiável para determinação da corrosividade de solos, porém, esse tipo de estudo requer longos períodos, visto que, uma de suas variáveis é o tempo, sendo pouco compatível com os projetos da engenharia. Esse é o motivo pelo qual existe uma série de parâmetros para avaliação da corrosividade do solo. Esses parâmetros são baseados nas propriedades físico-químicas, biológicas e um número determinado de variáveis que ao serem avaliadas em conjunto, são capazes de determinar o nível de corrosividade global do solo (SILVA; BRASIL, 2010).

Entre os critérios de avaliação da corrosividade do solo estão o Índice de Steinrath, Robinson, Acidez, Booth, Girard, Gotlieb e Vieira e, a Norma DIN 50929. No entanto, um dos critérios mais completos para identificar a ação corrosiva do solo é o Índice de Steinrath, que se destaca pela análise de sete parâmetros fundamentais: resistividade, potencial redox, pH, teor de umidade, íons cloreto, íons sulfato e íons sulfeto. A soma destes sete parâmetros classifica o solo quanto ao seu índice total de agressividade, que vai de sem agressividade, pouca agressividade, média agressividade a alta agressividade (LOUREIRO, 2007).

O ferro fundido nodular ou dúctil se caracteriza pela cristalização de carbono livre na forma esferoidal, devido ao acréscimo de uma pequena quantidade de magnésio durante o processo de fundição, conferindo melhores características mecânicas, sendo a principal delas a ductilidade, além desta apresenta as conhecidas propriedades dos ferros fundidos cinzentos, que são: resistência à tração e impactos, acrescidos também de melhor resistência a compressão, fadiga e corrosão, facilidade de moldagem e usinabilidade. A proteção contra corrosão, frequentemente é realizada através da formação de uma película protetora sobre a superfície do metal, que tem como objetivo, separar o metal base do meio corrosivo (GENTIL, 2012). Neste caso, os dutos têm dois tipos de revestimentos distintos para proteção contra corrosão, um para área externa que entra em contato com o solo e outro para área interna que mantém contato com a água transportada.

A adutora do Pajeú é um empreendimento de grande porte, que visa favorecer o abastecimento de água a mais de trinta municípios castigados por longos períodos de estiagem. A primeira etapa da adutora do Pajeú foi concluída e possui 198 km de extensão, fazendo a captação de água do Rio São Francisco, mais especificamente no Lago de Itaparica, no município de Floresta-PE e, a segunda etapa da adutora do Pajeú será alimentada por unidades de captação em Betânia e Sertânia, no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial corrosivo do solo em dutos para transporte de água da adutora do Pajeú em Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

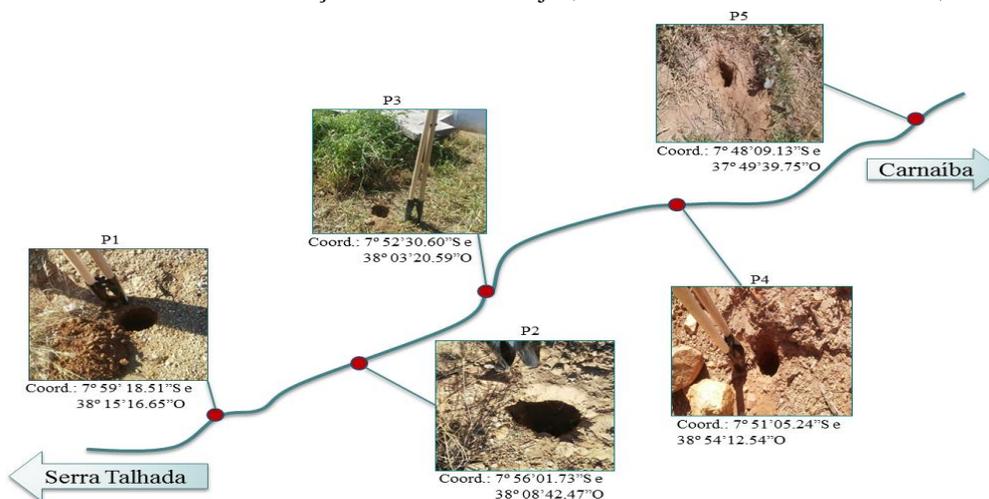
As amostras de solo foram coletadas em cinco pontos distintos e estratégicos, apenas onde os dutos são enterrados, utilizando como instrumento uma cavadeira de ferro, sendo identificados estes pontos como P1, P2, P3, P4 e P5, como pode ser visto na Figura 1 com suas respectivas coordenadas. As amostras foram coletadas, com aproximadamente 30 cm de profundidade, a partir do contato do solo com o duto (Figura 2). A área selecionada para esta pesquisa compreende

um trecho da instalação da adutora concluída, que se estende de Serra Talhada-PE até Carnaíba-PE., o que corresponde aproximadamente a 15 km, nas proximidades da construção da adutora do Pajeú.

As análises químicas pH, fósforo (P), ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), potássio (K), sódio (Na), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio (H), capacidade de troca de cátions (CTC) total, soma de bases trocáveis (SB), percentagem de saturação por bases (V%), carbono orgânico (CO), percentagem de saturação por alumínio (m%) e matéria orgânica (MO) das amostras de solo

foram realizadas seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina da Universidade Federal Rural de Pernambuco (EECAC/UFRPE). As análises da corrosividade do solo – índice de Steinrath (resistividade, potencial redox, pH, umidade, cloreto e sulfato) e os ensaios de perda de massa na peça metálica provocadas pelo contato com o solo foram realizadas seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997) e LOUREIRO (2007) no Laboratório de Química da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE).

Figura 1. Pontos de coleta do solo da construção da adutora do Pajeú, sentido Serra Talhada - Carnaíba, às margens da PE 320



Fonte: Autor (2017)

Figura 2. Trecho da construção da adutora do Pajeú, enterrando os dutos de ferro fundido dúctil, sentido Serra Talhada, Carnaíba, Pernambuco



Fonte: Autor (2017)

Os resultados para cada parâmetro que compõe o critério de avaliação da corrosividade foram comparados aos valores de referência proposto por Steinrath (LOUREIRO, 2007). Obtendo assim seu índice parcial de agressividade. A partir, do somatório dos índices parciais referentes aos sete parâmetros sendo possível chegar ao índice total de agressividade do solo e consequentemente a classificação quanto a sua corrosividade.

A fim de compreender o grau de corrosão provocada pelo solo nas peças metálicas utilizaram-se amostras de peça metálica do tubo de ferro fundido dúctil utilizado para construir os dutos para transporte de água da adutora do Pajeú.

Para estes ensaios de perda de massa utilizaram-se as amostras de solo de P1 a P5, como meio corrosivo, os quais tiveram como finalidade determinar a taxa de corrosão medida em milésimos de polegadas por ano (mpy). A partir deste monitoramento, das massas iniciais e finais das placas do tubo de ferro fundido, foi possível calcular a perda de massa e obter a classificação quanto à resistência do material do tubo de ferro fundido ao longo do tempo. Foram serradas 10 pequenas placas com comprimento entre 8,7 a 8,9 cm, largura entre 1,5 e 2,0 cm e 7 mm de espessura.

Para montagem do sistema de reação, foram pesados 150 g de cada uma das amostras de solo coletadas e colocadas em recipiente de poliestireno. Em seguida, foram inseridas duas placas metálicas do tubo de ferro fundido em cada amostra de solo para servirem como eletrodo de trabalho e, entre as placas metálicas, uma placa de alumínio para servir como eletrodo de referência. A partir disto foi feito o acompanhamento da perda de massa das placas, temperatura e diferença de potencial, no momento inicial, após 12 h e posteriormente a cada 24 h durante 1092 h (45,5 dias).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos dos pontos P1 à P4 apresentam caráter ácido, com uma maior concentração de H⁺ e, P5 básico, com baixa concentração de H⁺, apresentando caráter alcalino (Tabela 1). Solos extremamente ácidos (pH<4,5) favorecem mais significativamente os processos corrosivos e uma rápida deterioração dos metais expostos e solos alcalinos (pH>8,0)

contêm altas concentrações de sais dissolvidos resultando numa baixa resistividade (CASTRO, 2013). Desta forma, os valores de pH encontrados estão na faixa de muito ácido a alcalino.

Todos os solos apresentaram baixos teores de Na e K e, concentrações mais elevadas de Ca, o que de acordo com Castro (2013) e Silva e Brasil (2010) são caracterizados como solos calcários, levando a formação de depósitos de calcários na superfície da peça metálica, como camadas protetoras na superfície do metal, através da precipitação de carbonatos, o que pode indicar ser um solo favorável para inserção de metais. O fósforo (P) apresenta propriedade de baixar a resistividade do solo, no entanto, apenas o P3 apresentou uma maior concentração de fósforo que, associado ao valor de pH em água 6,3 (caráter ácido) pode promover o aumento da corrosão do duto naquela área.

A MO presente no solo está intimamente relacionada com a porcentagem de carbono presente neste, onde solos com altos teores de MO podem acelerar o processo corrosivo devido à proliferação de microrganismos. Entretanto alguns mecanismos ainda não são completamente compreendidos tais como os de sorção de ânions, trocas de ligantes, pontes catônicas, adsorção física, a estabilidade físico-química da mesma no solo, entre outros (DEB; SHUKLA, 2011). Os valores correspondentes ao percentual de MO nos pontos P1 a P5 variaram entre 0,47 e 1,36% (Tabela 1), considerados baixos teores, comum de solos de áreas desérticas (TROEH; THOMPSON, 2005).

Segundo Ronquim (2010), um valor baixo de CTC de um solo indica que este tem pouca capacidade de reter cátions de forma trocável; e que solos com $V\% \geq 50\%$ são considerados solos eutróficos (férteis) como notado nos solos dos pontos estudados neste trabalho (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros químicos das amostras de solo da construção da adutora do Pajeú, sentido Serra Talhada - Carnaíba, às margens da PE 320. Pontos de Coleta: P1, P2, P3, P4 e P5.

Parâmetros químicos do solo	P1	P2	P3	P4	P5
pH (em água)	5,50	5,70	6,30	5,80	8,40
P (mg/dm ³)	7,00	11,00	60,00	12,00	10,00
Fe (mg/dm ³)	38,00	57,10	88,40	70,60	79,00
Cu (mg/dm ³)	0,40	0,60	0,60	1,10	1,30
Zn (mg/dm ³)	14,50	20,20	20,80	28,10	14,10
Mn (mg/dm ³)	23,10	28,00	60,20	27,80	34,00
K (cmol _e /dm ³)	0,14	0,19	0,29	0,29	0,25
Na (cmol _e /dm ³)	3,48	0,12	0,28	0,17	0,08
Al (cmol _e /dm ³)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ca (cmol _e /dm ³)	12,80	4,30	10,80	4,70	9,70
Mg (cmol _e /dm ³)	5,80	0,60	1,90	1,70	0,10
H (cmol _e /dm ³)	0,55	0,85	0,65	0,75	0,05
S.B (cmol _e /dm ³)	22,21	5,21	13,27	6,86	10,13
CTC total (cmol _e /dm ³)	22,81	6,11	13,97	7,66	10,23
V (%)	99,37	85,28	94,99	89,56	99,02
CO (%)	0,29	0,48	0,48	0,79	0,27
m (%)	0,22	0,95	0,38	0,72	0,49
M.O (%)	0,50	0,83	0,83	1,36	0,47

Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, são essenciais para o desenvolvimento de plantas, embora sejam exigidos em menores quantidades do que os macronutrientes, porém em excesso podem ser considerados tóxicos, a depender do uso do solo. De acordo com Gentil (2012) e Yan et al. (2015), em solos com presença abundante de elementos metálicos como Fe, Cu, Al, Mn e Zn na forma iônica são quimicamente reativos, propiciando mais ações corrosivas. Neste estudo foi observado a seguinte sequência: Fe>Mn>Zn>Cu, exceto uma pequena diferença entre Mn e Zn em P4. Os resultados obtidos para a porcentagem de saturação por alumínio (m%) mostram-se não prejudiciais, classificados como muito baixo o teor de m% (RONQUIM, 2010), tendo em vista que todos os solos apresentaram baixos valores para este parâmetro (<5%).

Após as análises da corrosividade do solo – índice de Steinrath (resistividade, potencial redox, pH, umidade, cloreto e sulfato), os pontos P1, P2, P3 e P5 receberam índice parcial igual a -1, contribuindo pouco na aceleração de processos corrosivos estudados (Tabela 2). Os valores de pH ficaram dentro de uma faixa em que não contribuem de forma severa para agressividade do solo, o que podemos observar pelo

índice parcial proposto por Steinrath, já que todos os pontos ficaram com índice parcial igual a zero.

O teor de umidade no solo é considerado como um dos parâmetros mais significativos quando se trata do potencial de corrosividade. Solos com maiores teores de água são mais agressivos, pois a água promove a ionização dos eletrólitos presentes no solo completando assim, o circuito do processo de corrosão (SILVA; BRASIL, 2010). Nos solos estudados foram obtidos índices parciais iguais à zero, o que permite concluir que os teores de umidade destes solos são favoráveis a construção e que estes possivelmente não contribuirão de forma acentuada para o processo corrosivo.

A elevada concentração de íons cloreto no solo também contribui de forma significativa para o aumento de sua agressividade. Segundo Castro (2013), os íons cloreto produzem ácido clorídrico, que promovem a diminuição do pH do solo, além de elevar a condutividade deste, formando produtos de corrosão solúveis, que aumentam a vulnerabilidade do metal aos processos corrosivos. Os resultados obtidos referentes aos íons cloreto mostram que os solos dos pontos P2, P3 e P5 apresentam baixas concentrações destes íons e, portanto, recebem o índice parcial zero, enquanto que os pontos P1 e P4 apresentam

concentrações mais significativas e recebem índice parcial igual a -1.

A presença de íons sulfato no solo geralmente está associada à quantidade de matéria orgânica, de forma que, uma maior concentração desses íons é decorrente de uma maior porcentagem de matéria orgânica no solo (LOUREIRO, 2007). Esses íons são agressivos podendo formar $FeSO_4$ que é solúvel, assim como podem servir como nutriente para bactérias redutoras de sulfato, aumentam consideravelmente a corrosividade dos solos (LOUREIRO, 2007). É possível perceber a relação entre a quantidade de matéria orgânica e a

quantidade de sulfato presente no solo, onde os pontos P4 e P5 foram respectivamente os que apresentaram maior e menor teores para ambos os parâmetros.

As temperaturas dos solos apresentaram variações entre 22 e 25°C e ocorreram com maior frequência até 420 h, sendo que na maior parte do tempo variaram entre 22°C e 23°C. De acordo com Gentil (2012), as reações de corrosão são frequentemente mais rápidas quanto maior a temperatura. Os resultados de variação de temperatura apresentaram valores coerentes com os resultados de perda de massa que também apresentaram maior intensidade no início da reação.

Tabela 2. Valores dos parâmetros de corrosividade das cinco amostras de solo. A avaliação total da agressividade do solo foi realizada através do Índice de Steinrath¹.

Parâmetros do solo	P1		P2		P3		P4		P5	
	Valor medido	Índice parcial								
Resistividade (KΩ)	10,78	-1	11,32	-1	11,38	-1	12,03	0	11,83	-1
pH	5,5	0	5,7	0	6,3	0	5,8	0	8,4	0
Umidade (%)	3,7	0	1,4	0	3,2	0	2,4	0	1,6	0
Cloreto (Mg/Kg)	744,5	-1	53,18	0	17,73	0	336,8	-1	17,73	0
Sulfato (Mg/Kg)	9,87	0	23,04	0	49,33	0	62,44	0	3,29	0
Σ dos Índices parciais	-2		-1		-1		-1		-1	
Classificação	Pouca agressividade									

¹Índice de Steinrath: sem agressividade (0); pouca agressividade (-1 a -8); média agressividade(-8 a -10); alta agressividade (< -10)

Com base no monitoramento da diferença de potencial inicial de todas as amostras de solo, estas se mostraram próximas ou superiores a 0,4 V, ocorrendo um decréscimo acentuado na maioria destas após as 36 h, com oscilações ao longo do tempo; a única amostra que se manteve nesta faixa, com um acréscimo chegando até próximo aos 0,7 V foi a amostra do ponto P1.

Quanto aos resultados de perda de massa das placas de ferro fundido dúctil observou-se uma perda de massa mais acentuada até 84 h, com perda de 1 à 2 mg a cada 24 h. Após 24 h, a perda de massa nas placas aconteceu em menor velocidade, chegando a levar cerca de 432 h (18 dias), para apresentarem degradação equivalente ao período inicial de 24 h.

De acordo com Gentil (2012), este fenômeno é comum, uma vez que, a velocidade de corrosão do ferro, no início da reação é rápida e tende a diminuir devido à formação de uma camada de óxido (produtos da corrosão), funcionando como uma barreira na difusão do oxigênio.

Para determinação dos tempos de previsão de perda foram escolhidos os tempos de 1, 5, 10 e 50 anos, e justificase, pois, este último é apontado por Kurita e Dalfré Filho

(2007), como o tempo médio de duração deste tipo de obra, sendo que o monitoramento deve ocorrer em intervalos de cinco anos, a fim de garantir uma melhor qualidade das águas transportadas, evitando contaminações pelos produtos de corrosão, bem como, danos ao meio ambiente, decorrentes do desperdício das mesmas.

A partir dos cálculos realizados para determinação das taxas de corrosão e com a determinação da área total da peça metálica é possível prever a perda de massa por corrosão para tempos determinados (Tabela 3). Neste caso, o dimensionamento do tubo de ferro fundido dúctil era de 400 mm de diâmetro e 6 m de comprimento, de forma que a sua área total pôde ser calculada correspondendo a $7,79 \times 10^6$ mm². Quanto aos valores das taxas de corrosão dos pontos P1, P2, P3, P4 e P5 foram de 0,033; 0,055; 0,060; 0,043 e 0,054 mpy, respectivamente. De acordo com Gentil (2012), o material das placas do tubo de ferro fundido dúctil é classificado como sendo de boa resistência, uma vez que, as taxas de corrosão obtidas foram inferiores a 5 mpy. Para a previsão de perda de massa, considerando uma corrosão uniforme, o solo em P3 apresentou perda de massa maior que os demais, seguido dos solos dos pontos P2, P5, P4 e P1.

Tabela 3. Perda de massa do tubo de ferro fundido dúctil nas amostras de solo dos pontos P1, P2, P3, P4 e P5.

Tempo (ano)	P1	P2	P3	P4	P5
	Perda de massa (Kg)				
1	3,43	5,73	6,11	4,44	5,63
5	17,13	28,63	30,90	22,21	28,14
10	34,26	57,27	61,80	44,42	56,29
50	171,31	286,33	308,97	222,09	281,44

CONCLUSÕES

O solo estudado para a construção da adutora do Pajeú, no trecho em que há dutos de ferro fundido dúctil enterrados, se estende de Serra Talhada-PE a Carnaíba-PE, correspondendo aproximadamente a 15 km, se encontra na faixa de pH de ácido a alcalino; com concentrações mais elevadas de cálcio que de sódio e potássio, indicando, em geral, baixo potencial corrosivo. Sendo ainda considerado um solo fértil, entretanto sem apresentar valores críticos de matéria orgânica nem de sua capacidade de reter cátions. Entre os micronutrientes há predominância do ferro em todos os pontos coletados e, classificado como com baixo percentual de saturação por alumínio, mostrando-se não prejudicial à instalação dos dutos de ferro fundido dúctil.

Para corrosividade do solo os pontos estudados possuem condições favoráveis para a uma boa durabilidade das estruturas metálicas enterradas no trecho da adutora do Pajeú, sendo classificado como pouco agressivo.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, D. F. Estudo da corrosão do aço 1020 no solo natural argiloso da Região Amazônica. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2013. 83p.
- DEB, S. K.; SHUKLA, M. K. A review of dissolved organic matter transport processes affecting soil and environmental quality. *J Environment Analytic Toxicol* v.1, n.2, 106. 2011.
- EMBRAPA, Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997. 212p.
- FRAUCHES-SANTOS, C., ALBUQUERQUE, M. A.; OLIVEIRA, M. C. C.; ECHEVARRIA, A. A corrosão e os agentes corrosivos. *Revista Virtual Química*, v.6, n.2, p.293-309, 2014.
- GENTIL, V. Corrosão. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 392p.
- KURITA, R. Y.; DALFRÉ FILHO, J. G. Técnicas não destrutivas de inspeção e avaliação para a reabilitação dos sistemas de distribuição de água. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007. 14p.
- LIU, T. M.; WU, Y. H.; LUO, L; X.; SUN, C. Effect of Soil Compositions on the Electrochemical Corrosion Behavior of Carbon Steel in Simulated Soil Solution. *Mat.-wiss. u.Werkstofftech*, v. 41, n. 4, p. 228-233, 2010.
- LOUREIRO, A.; BRASIL, S; YOKOYAMA, L. Estudo da corrosividade de solo contaminado por substâncias químicas através de ensaios de perda de massa e índice de Steinrath. *Corrosão e Protecção de Materiais*, Lisboa-Portugal, v.26, n.4, p.113-121, 2007.
- NÓBREGA, C. A.; CHANG, H. K.; BRAGA, A. C. O.; FERREIRA, J.; OLIVA, A.; PEDE, M. A. Z. Avaliação preliminar da corrosividade de solo com emprego de resistividade elétrica em uma planta industrial utilizada para armazenamento de derivados de petróleo. *Geociências*, São Paulo, v.22, n.Especial, p.83-93, 2003.
- OKIONGBO, K. S.; AKPOFURE, E. Investigation of soil aggressiveness towards underground fuel storage tanks and water pipelines in parts of Bayelsa State, Southern Nigeria. *Engineering*, v44, p.761-767, 2012.
- RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Monitoramento por satélite*, 1ª ed., Campinas-SP. 2010, 26p.
- SILVA, J. M; BRASIL, S. L. Critério de avaliação da corrosividade de solos baseado na sobretenção de hidrogênio. *Corrosão e Protecção de Materiais*, Lisboa-Portugal, v.29, n.1, p. 19-25, 2010.
- SILVA, M. V. F.; PEREIRA, M. C.; CODARO, E. N.; ACCIARI, H. A. Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. *Química Nova*, v.38, n.2, p. 293-296, 2015.
- TROEH, F. R., THOMPSON, L. M. *Soils and Soil Fertility*. 6th ed. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2005. 498p.
- YAHAYA, N.; NOOR, N. M.; OTHMAN, S.R.; SING, L.K.; DIN, M.M. New Technique for Studying Soil-Corrosion of Underground Pipeline. *Journal of Applied Sciences*, v.11, n.9, p. 1510-1518, 2011.
- YAN, M.; SUN, C.; DONG, J.; XU, J.; KE, W. Electrochemical investigation on steel corrosion in iron-rich Clay. *Corrosion Science*. v.97, p.62-73, 2015.