

THE INFLUENCE OF THE LITTORAL DRIFT ON INSTALLATIONS AND
COASTAL STRUCTURES RELATED WITH THE PRODUCTION OF OIL
AND GAS IN THE COAST OF RIO GRANDE DO NORTE STATE - BRAZIL

A INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE LITORÂNEO EM INSTALAÇÕES E
OBRAS COSTEIRAS RELACIONADAS COM A PRODUÇÃO DE PETRÓLEO
E GÁS NO LITORAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - BRASIL

JEFFERSON VIANNA BANDEIRA

Engenheiro, CDTN/CNEN - Caixa Postal 1941

30161-970 Belo Horizonte, MG, Brasil

RESUMO -- O intenso transporte litorâneo na costa do Estado do Rio Grande do Norte, em seu trecho orientado na direção E-W, é unidirecional (de E para W), e promove o crescimento de restingas e a formação de bancos submersos, já detectados até profundidades da ordem de 12 a 13 m. A sua influência se faz notar na migração cíclica do canal de acesso ao porto de Guamaré, que serve de apoio às atividades de exploração de óleo e gás na região. Promove também o crescimento de restingas paralelas à praia, as quais interceptam trechos costeiros de dutos de óleo e gás que ligam instalações de produção ao largo a instalações de processamento e distribuição em terra, provocando o seu descalçamento. Elas induzem também a erosão de trechos de praia onde estão situados poços de produção de óleo, ameaçando a sua integridade. São apresentadas e utilizadas soluções de engenharia costeira visando a solucionar ou conviver com estes problemas.

ABSTRACT -- The intense littoral drift in the Rio Grande do Norte State coast is unidirectional, from E to W, in the portion of this coast having its main direction E-W. It promotes the formation of spits and underwater banks occurring up to depths of 12 to 13 m. As a consequence of the littoral drift there is the cyclic migration to W of an access channel to the small Guamaré harbour, used as support for the offshore oil and gas production. The spits intercepted the shoreline reach of an oil and a gas pipeline and they were undermined. The spits also induced the erosion of a reach of the shoreline where oil production wells are installed. Coastal engineering solutions to solve or cope with the problems are presented.

INTRODUÇÃO

O litoral do Estado do Rio Grande do Norte, em seu trecho orientado na direção E-W, como mostrado na figura 1, tem uma declividade média da praia de 1:1360 (muito baixa), entre as isóbatas de 0 e -10 m (Carta DHN No. 700), na região compreendida entre as longitudes de 36⁰09'W e 36⁰36'W a qual engloba a região do presente estudo. O material de fundo nesta região é constituído sobretudo de areia fina e média. Este trecho da costa está sujeito à ação de ondas provenientes do quadrante NE e de ventos soprando de N a SE. As correntes medidas ao largo da arrebentação, com velocidades atingindo 0,5 m/s, tem uma resultante dirigida para W e são também influenciadas pela maré, a qual é semi-diurna, possuindo amplitudes na faixa de 1,0 a 3,1 m. A influência das marés na corrente se nota pelo fato de as correntes serem convergentes à costa, sobretudo na direção SW, em fase de enchente e se dirigirem para W em estofas e para W até N em fase de vazante, conforme PORTOBRAS (1981). Em consequência, há um intenso transporte litorâneo unidirecional para W, o qual promove o crescimento de restingas e bancos submersos (Bandeira, 1988; Bandeira, Araújo e do Valle, 1990) orientados na direção geral E-W, já detectados até profundidades da ordem de 12 a 13 m, em levantamentos batimétricos efetuados para o lançamento de dutos de óleo e gás para os campos produtores de Agulha e Ubarana, situados 20 Km ao largo.

Entre as extremidades das restingas de Galinhos e de Ponta do Tubarão, um trecho com 27,5 Km de extensão (figura 1) existem, de E para W, as seguintes obras e instalações na linha de costa ou cruzando a mesma, relacionadas com a produção de petróleo e gás:

- Canal de acesso ao porto de Guamaré, utilizado como suporte aos campos produtores de Agulha e Ubarana;

- Conjunto de seis oleodutos e gasodutos ligando as instalações em terra aos mesmos campos;

- Vários poços de produção do campo de Macau, situados na linha de costa, junto à extremidade W da restinga de Ponta do Tubarão.

A influência do transporte litorâneo sobre estas obras e instalações e os problemas decorrentes serão vistos a seguir, incluindo as medidas adotadas e/ou recomendadas para resolver os problemas ou conviver com eles.

O CANAL DE ACESSO AO PORTO DE GUAMARÉ

Colocação do problema

O canal de acesso ao porto de Guamaré, observado no detalhe da figura 2, apresenta-se naturalmente sob a forma de meandros desde quando inflete para N, na saída das instalações em Guamaré, até cerca de 1200 m ao largo da extremidade da restinga de Galinhos, onde se situa a barra.

O canal foi dragado, em seu trecho interno (parte ao sul da extremidade da restinga de Galinhos), em outubro de 1983, por intermédio de uma draga de sucção e recalque, tendo sofrido pequeno assoreamento e pouca modificação na posição de seu talvegue, conforme PETROBRAS (1985). Entretanto, na região da barra, sujeita à ação de ondas, a dragagem de estabelecimento foi efetuada com a utilização de draga auto-transportadora, na cota -2,0 m, conforme indicação de SONDOTÉCNICA (1982), com a finalidade de permitir o trânsito de embarcações do tipo "crew boat", com as seguintes características: comprimento = 31 m; boca = 6,5 a 7,5 m; calado = 1,5 a 1,7 m. A cota de maré necessária para a navegação com segurança, no trecho externo do canal dragado para -2,0m, seria de + 2,0 e +1,85 m para barcos de calado 1,7 e 1,5 m, respectivamente.

No trecho crítico da barra, o canal apresenta uma grande mobilidade devido ao intenso transporte litorâneo e pivota cíclicamente, de E para W, em torno de uma região restrita indicada como ponto I na figura 2, conforme comparações batimétricas efetuadas por Bandeira (1990). O deslocamento do canal para W vai fazendo com que o mesmo apresente uma curva cada vez mais angulosa, na altura da coordenada 9439000 N, como pode ser visto na figura 2, até que, passado um certo limite, o escoamento, sobretudo o de vazante, faz com que se abra a continuação do canal para transpor a barra, na direção SE-NW, como mostrado nas posições ocupadas pelo eixo do canal de acesso nos levantamentos de jul/84 a jan/86. Entre jan/86 e set/86 houve uma mudança radical na posição do canal, tendo este assoreado a W e começado a abrir mais a E, conforme mostrado na figura 2. Nesta figura observa-se que o rompimento natural do canal a E, como apontado na batimetria de out/87, deu-se segundo um alinhamento curvo que é continuação do meandramento natural do canal em seu trecho N-S.

Em abr/88 o canal tinha seu eixo já bastante deslocado para W, com seu ponto anguloso situado na posição: 9439000 N - 798400 E. Com a nova dragagem do canal neste trecho, efetuada após abr/88, o eixo foi deslocado um pouco mais para E, como mostrado na figura 2, para o levantamento de nov-dez/88. Já em mai/90, 17 meses após, o eixo do canal, em sua posição extrema a W, encontrava-se na altura da coordenada 798300 E, a 200 m a W da posição semelhante ocupada em dez/88, o que dá uma velocidade média de deslocamento de 11,8 m/mês.

Comentários e recomendações

Uma solução econômica para a manutenção do canal de acesso ao porto de Guamaré em condições seguras para a navegação, sobretudo na região da barra, é obtida através de dragagem de manutenção procurando fazer com que o talvegue do canal acompanhe o meandramento natural observado ao S da barra. A largura uniforme do canal no fundo é de 100 m. Para a otimização dos trabalhos de dragagem, contemplando simultaneamente os aspectos econômicos e de segurança da navegação, aconselhou-se um estudo para a possível redução da largura do canal nos trechos retos e/ou abrigados, podendo haver inclusive uma sobredragagem na região curva sobre a barra. O local de despejo de material dragado situa-se a cerca de 7 Km ao largo da barra. Estudos sedimentológicos a partir da coleta e análise de sedimentos de fundo da área da barra e adjacências, associados a considerações sobre os agentes hidrodinâmicos atuando na região, poderão apontar para um despejo mais próximo da área de dragagem, tendo em vista o não retorno do material ao local dragado.

DESCALÇAMENTO DE OLEODUTO E GASODUTO

Colocação do problema

Quando o conjunto de seis oleodutos e gasodutos que ligam os campos produtores de Agulha e Ubarana, ao largo, às instalações em terra foram instalados, o que teve início em 1982, o trecho de praia escolhido não apresentava problemas, como mostrado na figura 1. Com o crescimento de uma restinga, a partir de uma ilha, em frente a Guamaré, formou-se um estuário de dupla entrada, paralelo à costa. A restinga interceptou a região dos dutos. A área da seção transversal acima da geratriz dos dois dutos mais a W, um oleoduto e um gasoduto (ambos de aço, com diâmetro externo de 26" e cobertos com uma camada de concreto de 7,6 cm de espessura), não era suficiente para escoar o volume do prisma de maré que circulava através desta entrada do estuário, tal como indicado em O'Brien (1969), provocando o descalçamento de ambos, como visto na figura 3, deixando suspensa uma extensão de cerca de 40 m de ambos os dutos. As correntes de maré, com valores medidos da ordem de 1,3 m/s, atuavam sobre os dutos, quase provocando o rompimento dos mesmos pelo fenômeno de "vortex shedding".

Segundo Carvalho (1988), através de um estudo de simulação, concluiu-se que:

(i) o oleoduto encontrava-se em uma situação perigosamente próxima das condições de ressonância, porque: para um vão livre da ordem de 50m, sua frequência natural de vibração coincidiria com a frequência de "vortex" causada por uma corrente de 1,4 m/s passando pela superfície externa do mesmo. De fato, as extremidades da parte suspensa do oleoduto já apresentavam profundas fissuras circulares na capa de concreto;

(ii) o gasoduto, bem mais leve e com a frequência natural mais alta, só entraria em ressonância para um vão de cerca de 70m, estando em uma situação de menor risco que o oleoduto.

Os vãos livres reais eram maiores que os medidos, visto que os dutos só encontravam apoio efetivo alguns metros terreno adentro.

Medidas emergenciais para a solução do problema

Para resolver esta situação emergencial, três alternativas foram consideradas (Bandeira, 1988; Santos 1988):

(i) enterrar os dois dutos críticos abaixo do leito erodido;

(ii) diminuir os vãos livres dos dutos (através da colocação de estacas) até que, devido à migração para W da extremidade da restinga (que naquela ocasião encontrava-se bem junto aos dutos críticos, provocando o estreitamento das linhas de fluxo do escoamento), as seções do canal nesta região pudessem talvez naturalmente mudar de forma, proporcionando um fluxo menos concentrado, o que implicaria em uma seção mais larga e menos profunda, tal como existe logo a E da região dos dutos críticos, como visto na figura 3, onde se localizam os quatro primeiros dutos lançados;

(iii) fechar a entrada do estuário pela construção de dois diques de areia; o primeiro (dique E), tão perto quanto possível da região do tombo da maré (para diminuir ao máximo a alteração da circulação hidrodinâmica no braço E do estuário, junto a Guamaré), o segundo (dique W), na região onde os dutos cruzam a linha de praia.

Análise crítica das alternativas e solução adotada

A primeira alternativa considerada foi abandonada devido aos riscos de ruptura dos dutos durante o processo de enterramento, pois eles já se encontravam perigosamente submetidos a tensões e, além disso, continuariam sujeitos a fortes correntes durante o processo.

A segunda poderia evitar o iminente "vortex shedding", pela diminuição dos vãos livres dos dutos mas os dutos continuariam ainda submetidos às fortes correntes de maré, até que as seções do canal naquela região pudessem ser modificadas como anteriormente mencionado. Mas esta modificação natural poderia não ocorrer e então, uma nova intervenção seria necessária.

Considerando as desvantagens das duas primeiras alternativas, decidiu-se pela adoção da terceira: o fechamento do braço W do estuário pela construção de dois diques de areia, a qual parecia a mais conveniente, o que foi realmente comprovado.

Construção dos diques e reação posterior da costa

Para a construção dos diques de areia a PETROBRAS utilizou dois tratores ("bulldozers") os quais empilharam areia dos dois lados das seções escolhidas para os diques, e sacos de plástico cheios de areia. Logo antes da baixamar de quadratura, sacos plásticos foram lançados na parte mais profunda das seções e, após isto, os "bulldozers", simultaneamente de ambos os lados, empurraram a areia empilhada sobre as seções, completando o fechamento.

O dique E foi construído em 22/03/88 e o dique W, três dias após. Houve uma forte deposição de sedimentos logo a W do dique W, como esperado (figuras 4, 5, e 6), devido ao desaparecimento do escoamento de maré através da extremidade W e à ocorrência do transporte litorâneo unidirecional de E para W (Bandeira, 1988a; Bandeira, Araújo e do Valle, 1990).

Em mar/89, quando de uma maré equinocial, houve a ruptura da restinga entre os dois diques (figuras 5 e 6). O dique E não foi construído exatamente na região do tombo de maré (região de mangue vista a E do dique E na figura 4) mas, por razões ambientais e facilidade de construção, o mesmo foi construído na região arenosa mais estreita do canal, logo a W da região do mangue. Deste modo, houve um aumento do volume do prisma de maré que se escoava através da entrada E do estuário. Então, quando ocorreu a ruptura da restinga, a PETROBRAS resolveu abrir o dique E, para restabelecer a circulação hidrodinâmica original no braço E do estuário. Esta ação causou um correspondente aumento no volume do prisma de maré fluindo através da nova entrada W, a qual se encontra a cerca de 1920m a E da região dos dutos. A sua nova migração para W está sendo monitorada através de levantamentos topográficos do contorno da entrada, conforme (Bandeira, Araújo e

do Valle, 1990). A velocidade média de migração, calculada para o intervalo fev/90-mai/90 foi de 10,5 m/mês e de 24,9 m/mês, respectivamente, para os lados E e W da nova entrada W. Supondo, para o lado da segurança, que a taxa de migração da nova entrada W seja constante e da ordem de 24,9 m/mês, em 6,4 anos o problema de descalçamento poderá novamente ocorrer, a menos que medidas preventivas sejam tomadas, como: enterrar os dutos já ameaçados no passado cerca de 1,5m, de modo que eles não sejam expostos novamente às fortes correntes de maré. Deste modo a restinga poderia migrar livremente e não seria mais necessário construir diques e alterar a circulação da maré na região de mangues.

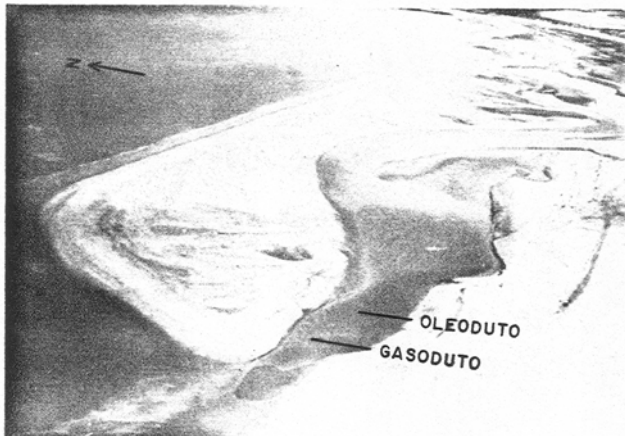


Figura 3 - Dutos descalçados.
02/03/88 - 10:24h - N.A. = + 0,7 m

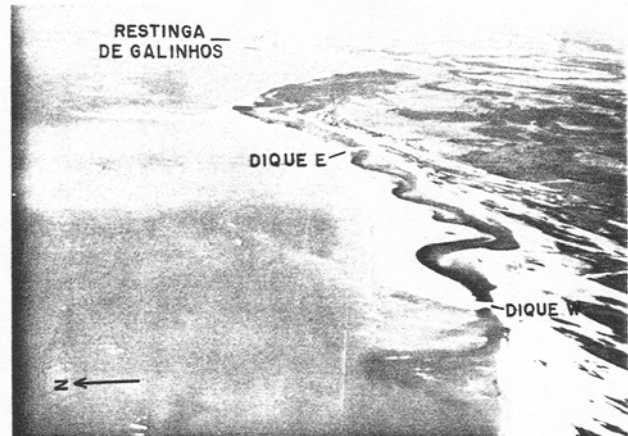


Figura 4 - Dique W
(13 dias após o fechamento).
07/04/88 - 14:27h - N.A. = + 0,8 m

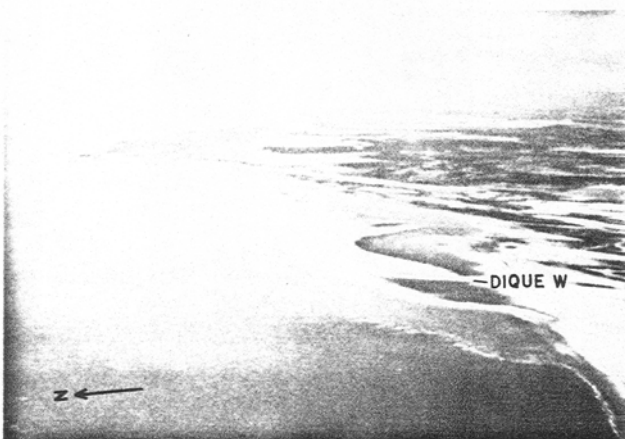


Figura 5 - Dique W
(10 meses após o fechamento).
25/01/89 - 13:50h - N.A. = + 1,1 m

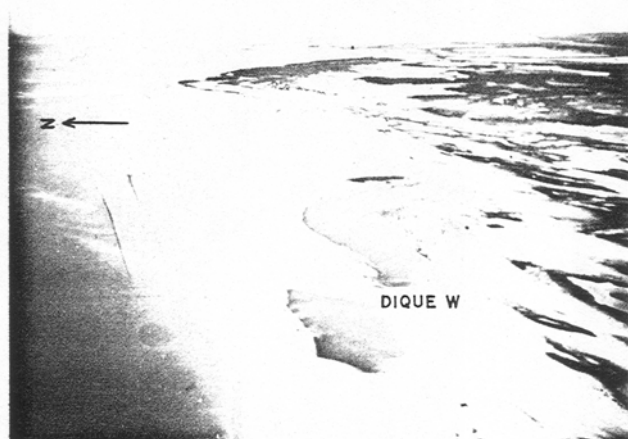


Figura 6 - Dique W
(27,6 meses após o fechamento).
14/06/90 - 14:00h - N.A. = + 1,6 m

EROSÃO EM TRECHO DA COSTA ONDE SE LOCALIZAM POÇOS DE PETRÓLEO

Colocação e análise do problema

O intenso crescimento para SW da extremidade da restinga de Ponta do Tubarão, como documentado através de aerofotos obtidas nos últimos 25 anos, provocou uma regressão localizada da linha de costa de cerca de 70 m, junto a três poços de produção de petróleo existentes no litoral, na posição RP indicada na figura 1.

Esta regressão se deveu sobretudo à concentração das correntes de maré junto à costa, as quais circulam no estuário formado pela restinga e a linha de costa, o qual é também de dupla entrada (Bandeira, 1992). Sua entrada principal, como pode ser visto na figura 7, é a de W. Além das correntes de maré, atuam neste trecho localizado de praia as ondas locais geradas pelos ventos NE atuando no "fetch" existente entre a restinga e a costa. Ondas com altura estimada de 1,0 m logo antes da arrebentação já foram observadas junto às proteções frontais emergenciais de pedra construídas em frente aos poços, como mostrado na figura 8, em ocasião de forte vento NE ocorrendo em preamar.

Observa-se que a proteção frontal do poço MA-15 encontra-se mais avançada para o N e funciona como uma espécie de espigão que protege o trecho de costa onde se localiza o poço MA-19, imediatamente a W.



Figura 7 - Restinga da Ponta do Tubarão, vista de W.
02/07/92 - 12:45h - N.A. = + 0,1 m



Figura 8 - Região dos poços, vista de W.
Maio/92

Comentários e recomendações

A persistir a regressão localizada da linha de costa, a solução lógica seria a construção de um ou dois espigões. A proteção frontal existente não influi no fluxo das fortes correntes de maré (que atingem valores de mais de 1,0 m/s em ocasião de sizígia) paralelas à praia, nos locais críticos de erosão, nem na ação das vagas de NE, que arrebatam e trabalham a praia, sobretudo na região crítica em forma de pequena baía, situada entre os poços MA-14 e MA-15, como visto na figura 8. A construção de um primeiro espigão, logo a E do poço MA-14 (o mais ameaçado), defletiria as correntes de maré da região crítica em que elas se fazem presentes (junto aos poços) e forneceria proteção quanto à ação das ondas de NE, sobretudo à região da praia vizinha a este poço. Dependendo de sua extensão, este espigão único forneceria também abrigo à região vizinha ao poço MA-15.

Foi efetuado por Bandeira (1992) um estudo de viabilidade econômica da proteção dos poços por meio da construção de espigões, em função do valor da produção de óleo ainda a ser extraído dos três poços. Foram também detalhadas as informações necessárias ao projeto e dimensionamento dos espigões, procurando utilizar pedras disponíveis na região. Provavelmente a construção de um primeiro espigão, como mencionado anteriormente, já resolveria inteiramente o problema para a região do poço MA-14, fundamentando-se esta possibilidade na observação já feita de que a proteção frontal mais avançada para o N, existente junto ao poço MA-15, funciona como um espigão em relação ao trecho de praia imediatamente à W, na região do poço MA-19. Um complemento a esta primeira alternativa seria, após a construção deste espigão, preencher artificialmente com areia do local (e dar manutenção se for o caso), a região mais severamente erodida entre os poços MA-14 e MA-15.

Uma segunda alternativa seria a construção de dois espigões: o primeiro logo a E do poço MA-14, como apontado anteriormente, e o segundo logo a W do poço MA-19. A região entre os dois espigões poderia ser enchida artificialmente com areia, se fosse o caso.

CONCLUSÕES

Procurou-se no presente trabalho abordar, de uma forma um tanto ao quanto didática, como a dinâmica dos sedimentos, e em especial a influência do transporte litorâneo, pode afetar de maneira tão diversa as obras e instalações costeiras, em um trecho de apenas 27,5 Km de costa. Foram mencionadas também providências possíveis de serem adotadas com vistas a tornar mais econômica a manutenção de obras existentes (canal de acesso) bem como evitar ou minimizar prejuízos e harmonizar a interação de obras já existentes com os aspectos ambientais (cruzamento de dutos na linha de costa e erosão localizada junto a poços).

Este modo de abordagem não foi casual. Ele procurou enfatizar a importância de que se reveste um estudo prévio das possíveis consequências que obras construídas junto a um trecho de costa submetido a intensa movimentação de sedimentos, possam vir a sofrer no decorrer de sua vida útil.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, J.V. (1988), Observações sobre o descalçamento de oleoduto e gasoduto dos campos de produção de Ubarana e Agulha, na região de praia, em Guamaré-RN e sugestões de medidas corretivas. Relatório DERL.CN-008/88 para a PETROBRAS/RPNS/DIREN. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN/NUCLEBRAS.

BANDEIRA, J.V. (1988a), Nota sobre aspectos a serem observados após o fechamento de trecho do canal de acesso na região de praia, onde se encontram os dutos do polo de Guamaré-RN. Natal: nota técnica para a PETROBRAS/RPNS/DIREN.

BANDEIRA, J.V., ARAÚJO, L.C., DO VALLE, A.B. (1990), Emergency situation in the shoreline reach of an offshore oilfield pipeline and remedial measures. In: Proceedings of the 22nd International Conference on Coastal Engineering (ICCE), Delft, The Netherlands.

BANDEIRA, J.V. (1990), Considerações sobre a manutenção de profundidades adequadas no canal de acesso ao porto de Guamaré-RN - Junho/1990. Relatório para a PETROBRAS/RPNS/DIREN. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN/CNEN.

BANDEIRA, J.V. (1992), Análise do problema da erosão na linha de costa, nas imediações dos poços de produção de petróleo MA-14, MA-15 e MA-19, do campo da PETROBRAS de Macau-RN. Relatório para a PETROBRAS/RPNS/DIREN. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN/CNEN.

CARVALHO, M.A.G. (1988), Relatório sobre a situação atual do oleoduto de 026" - PUB-2/ECUB - e do gasoduto de 026" - PUB-3/ECUB - na região de praia em Guamaré/RN. Rio de Janeiro: PETROBRAS S.A..

O'BRIEN, M.P. (1969), Equilibrium flow areas of inlets on sandy coasts. Journal of the Waterways & Harbors Division - V. 92, n. WW1, p. 43-52.

PETROBRAS S.A. (1985), Ref.: Canal de acesso ao Porto de Guamaré, RN. CI No. 110074 (26/06/85). Natal: PETROBRAS/RPNS.

PORTOBRAS S.A. (1981), Investigações e estudos necessários ao projeto de disposição oceânica dos rejeitos industriais e sanitários a serem lançados ao mar na região de Macau-RN. Relatório INPH 163/81. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Hidroviárias-INPH/PORTOBRAS.

SANTOS, J.A. (1988), Parecer técnico sobre a situação atual de tubovias que chegam à zona de arrebenção no litoral próximo a Guamaré-RN. INPH-18/88. Rio de Janeiro: INPH/PORTOBRAS.

SONDOTÉCNICA S.A. (1982), Porto na costa norte do Rio Grande do Norte para apoio às plataformas dos campos de Ubarana e Agulha: nota técnica sobre a dragagem de um canal de acesso ao atual porto de Guamaré, à cota -2m - junho/82. Rio de Janeiro.