

ESTUDO DE CORRENTES MARINHAS POR MEIO DO LANÇAMENTO DE CARTÕES DE DERIVA NO LITORAL DO ESTADO DE PERNAMBUCO, BRASIL

Study of marine currents by the utilization of drift cards off Pernambuco State, Brazil

Luiz Lira¹, Catarina Wor², Fábio Hissa Vieira Hazin³, Hermon Augusto da Costa Braga Júnior⁴, José Carlos Pacheco dos Santos⁵

RESUMO

Objetivando melhor conhecer a circulação costeira na plataforma de Pernambuco, em função da intensidade e direção dos ventos, foram realizados dois lançamentos de cartões de deriva, com 5000 cartões cada, nas proximidades do Porto de Suape. O experimento foi realizado sob duas condições eólicas, a primeira com ventos predominantes de Sudeste e a segunda com ventos predominantes de Nordeste. Os resultados obtidos mostraram uma clara influência do sistema sazonal de ventos sobre a direção das correntes. A direção Sul-Norte das correntes foi predominante nos meses de verão devido à maior frequência e intensidade dos ventos provenientes de Sul e Sudeste. Essa direção da corrente tem maior impacto sobre a zona de praia submarina sendo responsável pela elevação na turbidez da água. Quando ocorre a inversão da corrente para Norte-Sul, as águas continentais ricas em sedimentos e poluentes, tendem a passar ao largo da linha de costa, sem afetar a balneabilidade das praias.

Palavras-chaves: correntes costeiras, ventos, cartões de deriva, Nordeste do Brasil.

ABSTRACT

Aiming to better understand the coastal circulation in the Pernambuco continental shelf, in relation to the wind's velocity and direction, drift cards were deployed in two groups of 5000 cards each. The experiment was conducted under two wind conditions, the first with prevailing winds from Southeast and the second with prevailing winds from Northeast. The results showed a clear influence of the seasonal wind system over the currents direction. The currents South-North direction was prevalent during summer months due to higher frequency and intensity of the winds from South and Southeast. This current direction has greater impact on the underwater beach zone and is responsible for raising the water turbidity. When the current direction changes to North-South, the continental water, rich in sediment and pollutants, tend to move off the coast line without affecting the level of turbidity and pollution of the beaches.

Key words: coastal currents, winds, drift cards, Brazilian Northeast area.

¹ Pesquisador do Instituto Oceanário de Pesquisa e Preservação Ambiental de Pernambuco.

² Graduanda da Universidade Federal Rural de Pernambuco, bolsista CNPq, catarinawor@gmail.com.

³ Professor adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco, fihvazin@terra.com.br.

⁴ Graduando da Universidade Federal Rural de Pernambuco, bolsista UFRPE.

⁵ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aqüicultura, Recife.

INTRODUÇÃO

A dinâmica da circulação é um fator de grande importância para os ecossistemas costeiros, uma vez que a mesma é responsável pelo transporte de calor, sais, nutrientes e organismos planctônicos ao longo da costa (An e McDonald, 2005 e Marín e Delgado, 2007). Além disso, devido à sua capacidade de transporte de águas continentais e sedimentos, as correntes costeiras são responsáveis por muitas mudanças na morfologia e faciologia da orla (Kaczmarek *et al.* 2004; Geyer *et al.* 2004) e pela fertilização ou poluição da zona costeira, dependendo da qualidade da água que chega ao ambiente marinho. A atuação conjunta desses fatores faz com que a circulação costeira tenha uma elevada influência sobre a biologia e ecologia das diversas espécies que habitam zonas próximas à costa e também sobre o desenvolvimento de atividades humanas como o lazer litorâneo e a pesca.

Informações sobre a hidrodinâmica costeira revestem-se de importância ainda maior quando há a proximidade de zonas portuárias, uma vez que, o conhecimento detalhado do sistema de circulação pode atuar como ferramenta chave para a prevenção e contenção de danos ambientais causados por possíveis acidentes a exemplo de derrames de óleo e outros poluentes.

Segundo Lira (1987), o sistema de circulação costeira no litoral de Pernambuco é regulado pela direção e pela intensidade dos ventos, os quais estão relacionados ao movimento latitudinal do Centro de Alta Pressão do Atlântico Sul. Ventos oriundos de Sudeste, mais intensos e mais freqüentes, impõem correntes costeiras no sentido de Sul para Norte. Ventos do quadrante de Nordeste, mais fracos e menos freqüentes invertem a tendência das correntes que passam a seguir para Sul.

No presente trabalho, a ênfase foi dada à costa pernambucana tendo em vista a problemática da ocorrência de 50 ataques de tubarão, sendo 19 fatais, na Região Metropolitana do Recife desde 1992, fato que pode estar associado ao padrão direcional das correntes costeiras que favorece a aproximação de espécies agressivas.

Sendo assim, visando a melhor caracterizar a circulação costeira na costa nordestina e, de forma mais específica, no litoral pernambucano, foram efetuados dois lançamentos de cartões de deriva em frente ao Complexo Portuário de Suape, localizado no Estado de Pernambuco, na latitude de 8 23' 40" S.

MATERIAL E MÉTODOS

Os cartões de deriva utilizados no experimento mediam aproximadamente 12 x 23 cm e eram nume-

rados de 0001 a 10.000. Cada exemplar continha números de telefone e endereços eletrônicos para que as pessoas que os encontrassem pudessem entrar em contato com os pesquisadores a fim de informar o local, a numeração do cartão, a data e a hora de encontro dos mesmos (Figura 1).



Figura 1 - Detalhe da frente e verso do cartão de deriva utilizado no estudo das correntes costeiras, no litoral do Estado de Pernambuco.

Foram realizados dois lançamentos, cada um com 5.000 cartões, ambos em frente ao Complexo Portuário de Suape, situado nos Municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, a 40 km ao Sul do Recife, Pernambuco. O primeiro lote, com cartões numerados de 0001 a 5000, foi lançado em 3 de junho de 2005 período de ventos predominantes de Sudeste. O segundo lote, com numeração entre 5001 e 10000, foi lançado em 22 de fevereiro de 2006, período de influência dos ventos de Nordeste. Os cartões foram divididos em grupos de 500, sendo lançados em dez pontos à altura da latitude 08°23'40" S. O primeiro ponto se localiza na longitude de 34°56'30" W e os pontos subsequentes, a aproximadamente 900 m do anterior, num trajeto perpendicular à linha de praia, perfazendo uma extensão de 9 km mar adentro (Figura 2).

Para os cartões referentes ao primeiro lote foram disponibilizados dois endereços eletrônicos e um número de chamada gratuita (0800), incluindo-se, além disso, nos mesmos, a mensagem: "Colabore e concorra a prêmios". Por falta de apoio financeiro, os cartões do segundo lançamento continham apenas os dois endereços eletrônicos e um número telefônico convencional, não dispondo tampouco da indi-

cação de existência de prêmios. Com a contribuição da população foi possível localizar as praias onde os cartões aportaram, obtendo-se, dessa maneira, informações acerca da direção das correntes ao longo da costa Nordeste do Brasil.

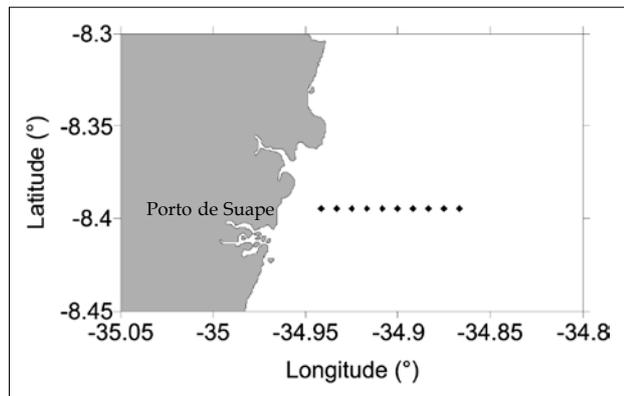


Figura 2 - Distribuição dos pontos de lançamento dos cartões de deriva.

RESULTADOS

Dos 10.000 cartões lançados ao mar durante todo o trabalho foram recolhidas 2.720 unidades (27,2%). Destas, 1.960 foram provenientes do primeiro lançamento e 760 do segundo. Do primeiro lançamento foram recuperados 39,2% dos cartões lançados, enquanto que no segundo essa taxa caiu para 15,2%. A razão para a taxa de notificação no segundo lançamento haver sido menos da metade da obtida no primeiro, está, possivelmente, relacionada à au-

sência do serviço de telefonia 0800 e da indicação de sorteio de prêmios.

Primeiro lançamento

Todos os cartões provenientes do lançamento do dia 03/06/2005 foram encontrados ao norte dos pontos de lançamento entre as praias do Paraíso, próxima a Suape, e o Povoado de Bar da Hora ($2^{\circ}40'00''S - 42^{\circ}35'27''W$), no Maranhão. No dia deste lançamento, a direção dos ventos no município de Ipojuca apresentou-se predominantemente sudeste (Figura 3), o que certamente influenciou a direção seguida.

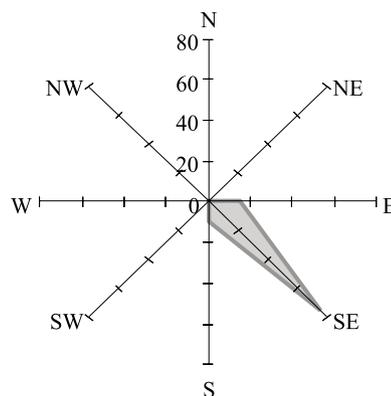


Figura 3 - Distribuição da direção do vento em Ipojuca entre os dias 02 e 04/06/2005, dados em percentagem (fonte: CPTEC).

As maiores taxas de encontro ocorreram no sentido Sul - Norte, nas praias de Itapuama, Paiva e nas proximidades do Forte Orange, com respectivamente 42,5%, 10,1% e 18,3% das notificações referentes a este lançamento (Tabela I). Os cartões lançados mais pró-

Tabela I- Percentual e número de notificações de encontro dos cartões provenientes do primeiro lançamento.

Praias	% de notificação	nº de cartões	Praias	% de notificação	nº de cartões
Paraíso - PE	0,5%	9	Pilar - PE	3,2%	62
Gaibu - PE	0,3%	5	Ponte de Itamaracá - PE	0,2%	3
Enseada dos Corais - PE	3,7%	73	Jaguaribe - PE	0,7%	14
Xaréu - PE	0,7%	13	Atapuz - PE	0,2%	4
Itapuama - PE	42,3%	830	B. Catuama - PE	0,6%	12
Paiva - PE	10,0%	196	Catuama - PE	0,6%	11
Barra de Jangada - PE	1,2%	23	Ponta de Pedra - PE	3,2%	62
Piedade - PE	0,4%	8	Carne de Vaca - PE	0,4%	8
Boa Viagem - PE	4,0%	78	Acau - PB	0,2%	3
Pina - PE	0,5%	9	Pitimbu - PB	0,2%	3
Casa Caiada - PE	0,5%	10	Praia Bela - PB	0,1%	1
Rio Doce - PE	0,5%	9	Praia do Bessa-PB	0,1%	1
Janga - PE	1,1%	21	Poço - Cabedelo - PB	0,1%	1
Pau Amarelo - PE	1,4%	27	Guaju em Mataraca - PB	0,1%	1
Nossa Senhora do Ó - PE	0,4%	8	Baia Formosa-RN	0,1%	2
Conceição - PE	0,6%	12	Praia do Futuro - CE	0,1%	1
Maria Farinha - PE	1,4%	27	Itarema - Porto do Barcos - CE	0,1%	1
Mangue Seco - PE	0,7%	13	Pedra do Sal - Parnaíba - PI	0,1%	1
Vila Velha - PE	1,9%	38	Povoado de Bar da Hora - MA	0,1%	1
Forte Orange - PE	18,3%	359	Total	100,0%	1960

ximos à costa foram, quase sempre, encontrados em praias mais próximas ao Porto de Suape, enquanto que os cartões lançados em pontos mais afastados foram encontrados em praias mais distantes (Figura 4).

Segundo lançamento

No dia do segundo lançamento, 22/02/2006, a direção predominante do vento em Ipojuca era de

leste (Figura 5). É bastante provável que a direção do vento tenha, novamente, influenciado o movimento dos cartões, uma vez que todos eles foram encontrados ao sul do Porto de Suape. As maiores taxas de encontro ocorreram nas Praias de Maragogi, Japaratinga e São Miguel dos Milagres, no sentido Norte-Sul, com 11,1% 8,6% e 6,7% do número de notificações respectivamente (Tabela II).

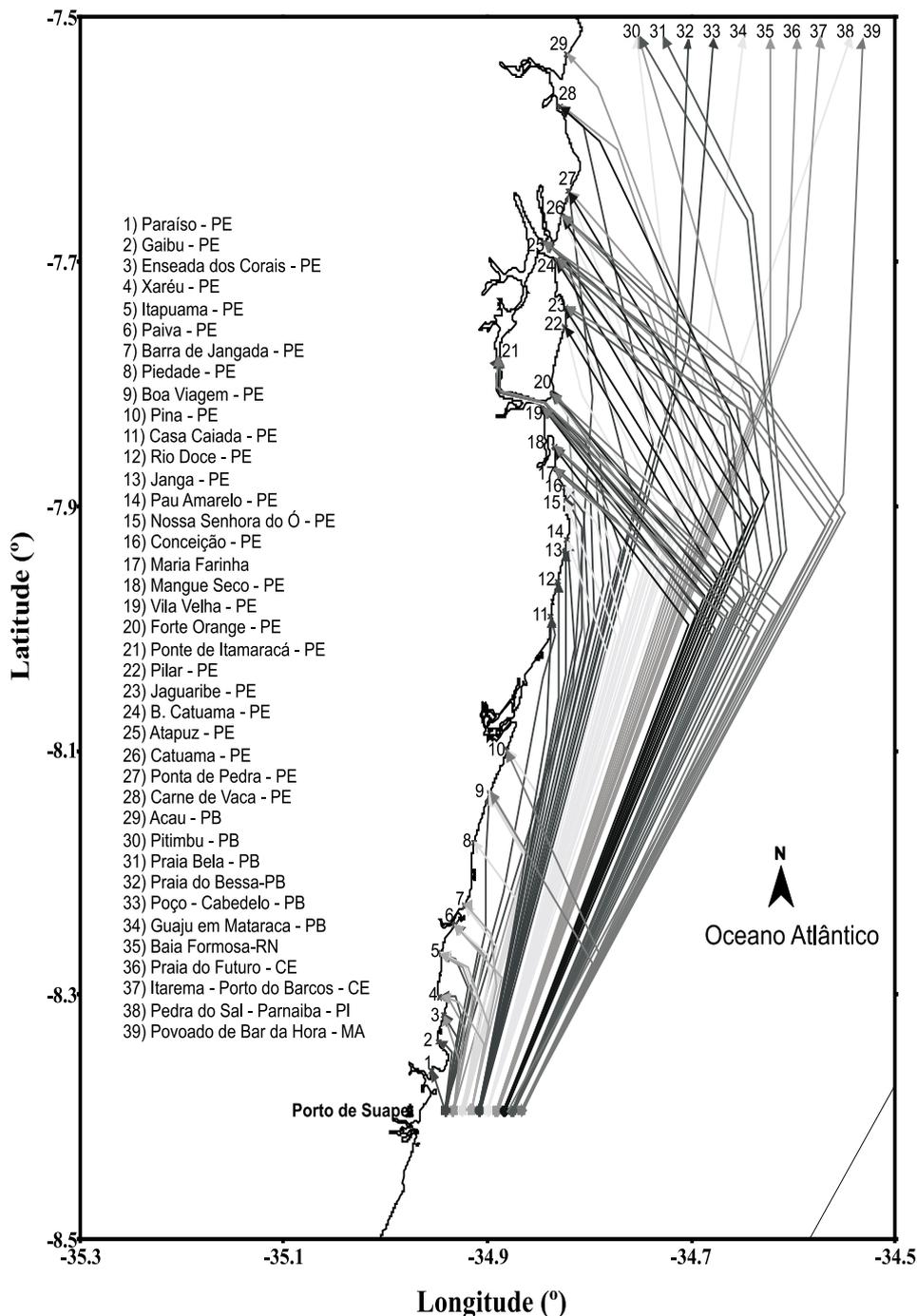


Figura 4 - Praias ao longo da costa do Nordeste onde foram encontrados cartões de deriva lançados em 3 de junho de 2005. Cada tom de cinza representa um ponto de lançamento.

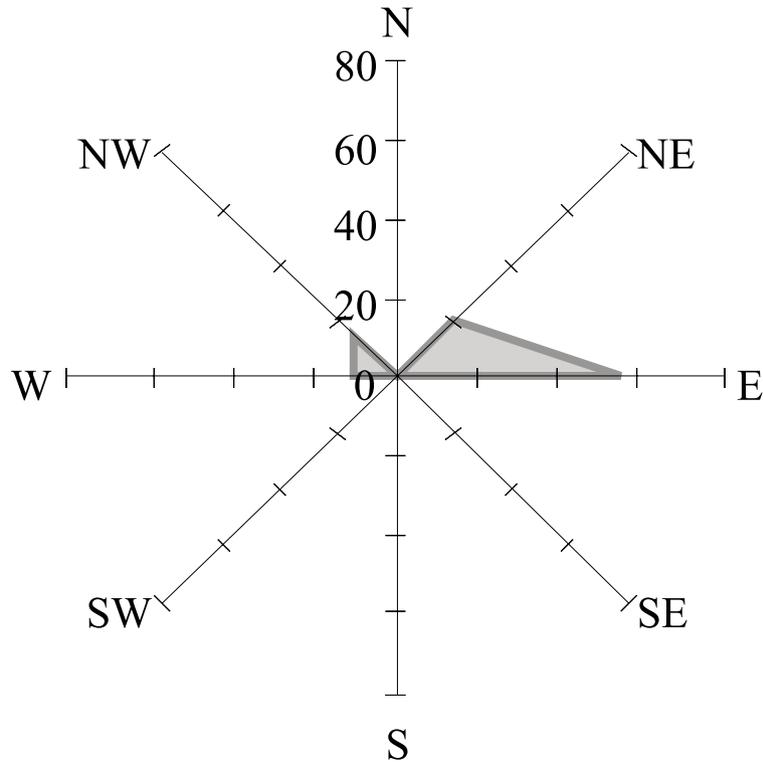


Figura 5 - Distribuição da direção do vento em Ipojuca entre os dias 21 e 23/02/2006, dados em percentagem (fonte: CPTEC)..

Tabela II- Percentual e número de notificações de encontro dos cartões provenientes do segundo lançamento

Praias	% de notificação	nº de cartões	Praias	% de notificação	nº de cartões
Porto de Galinhas - PE	1,7%	13	Trapiche - AL	0,4%	3
Maracaípe - PE	3,4%	26	Praia do Sobral - AL	0,3%	2
Barra de Sirinhém - PE	0,3%	2	Praia do Francês - AL	3,0%	23
A Ver o Mar - PE	0,1%	1	Barra de São Miguel - AL	1,7%	13
Carneiros - PE	4,3%	33	Praia das Conchas - AL	0,1%	1
Tamandaré - PE	6,4%	49	Praia do Gunga - AL	2,1%	16
São José da Coroa Grande - PE	1,7%	13	Praia do Tabuado - AL	0,3%	2
Maragogi - AL	11,1%	84	Praia de Lagoa Azeda - AL	1,7%	13
Japaratinga - AL	8,6%	65	Jequiá - AL	2,5%	19
Praia de Bitingui - AL	0,4%	3	Dunas de Marapé - AL	1,1%	8
Boqueirão - AL	2,1%	16	Lagoa do Pau - AL	2,9%	22
Porto da Pedra - AL	2,1%	16	Pontal de Coruripe - AL	0,1%	1
Tatuamunha - AL	1,7%	13	Praia de Barreiras - AL	0,1%	1
São Miguel dos Milagres - AL	6,7%	51	Praia do Miai - AL	1,7%	13
Barra de Camaragibe - AL	1,6%	12	Feliz Deserto - AL	2,6%	20
Rio Camaragibe - AL	0,1%	1	Pontal do Peba - AL	3,6%	27
Carro quebrado -AL	0,4%	3	Praia do Peba - AL	0,7%	5
Barra de Santo Antônio - AL	5,7%	43	Pontal da Barra - AL	0,1%	1
Paripueira -AL	5,4%	41	Praia da Caueira - SE	0,1%	1
Praia de Sauaçuy - AL	0,5%	4	Praia de Palma - BA	0,1%	1
Ipioca - AL	1,6%	12	Praia de Sauípe - BA	0,1%	1
Praia da Sereia - AL	0,1%	1	Arembepe - BA	0,1%	1
Praia de Garça Torta -AL	0,7%	5	Porto Seguro - BA	0,1%	1
Jatiúca - AL	7,1%	54	Total	100,0%	760
Pajuçara - AL	0,5%	4			

A tendência de agrupamento dos cartões quanto ao ponto de lançamento permaneceu semelhante ao do primeiro experimento, com os cartões lançados mais próximos à costa tendo sido quase sempre encontrados em praias mais próximas ao Porto de Suape, enquanto que os cartões lançados em pontos mais afastados foram encontrados em praias mais distantes (Figura 6).

DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que a região de estudo é marcada por uma sazonalidade na direção predominante das correntes, a qual se encontra diretamente associada ao regime de ventos prevalecente na área, haja vista a forte correspondência entre o mesmo e o comportamento direcional das correntes.

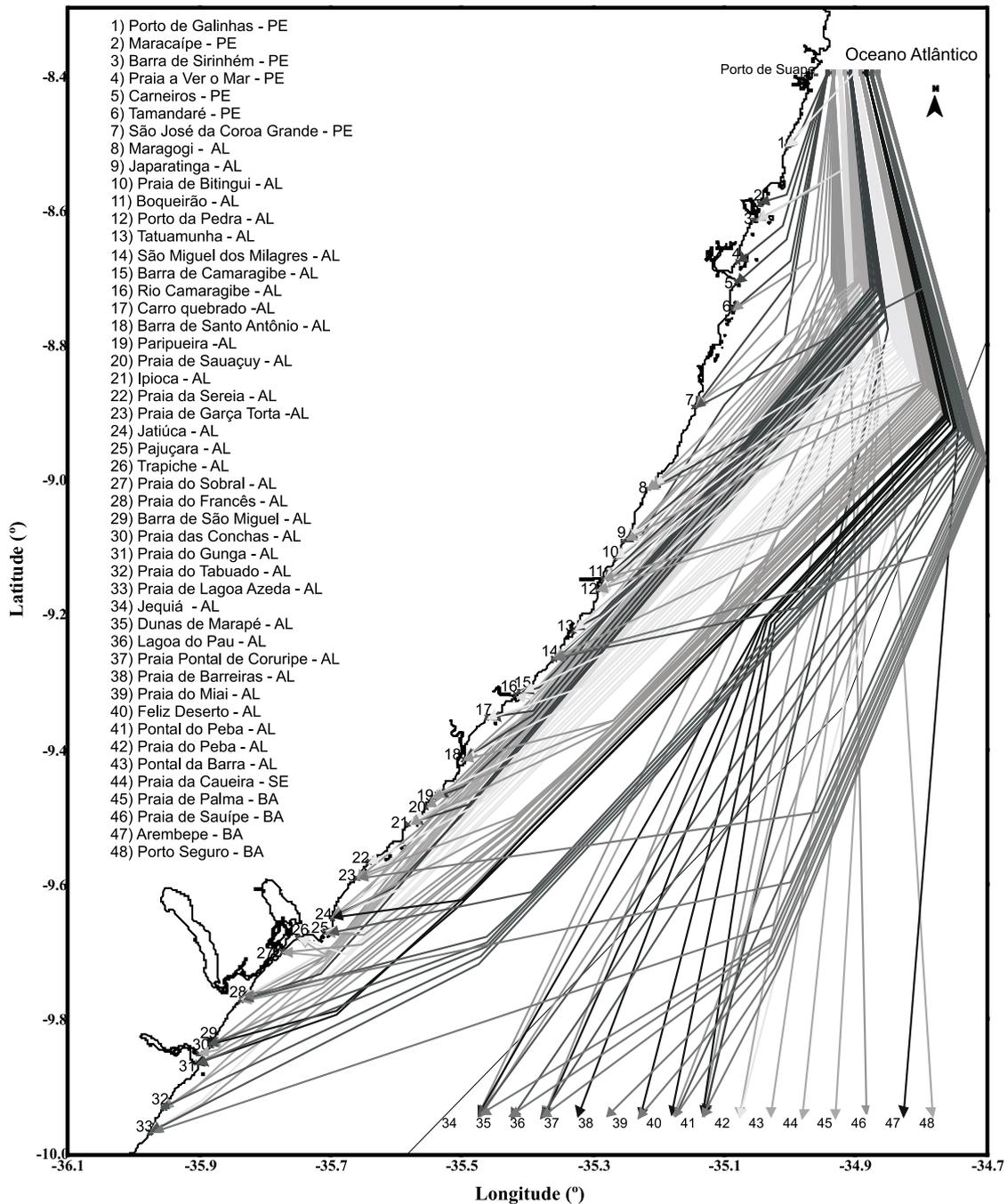


Figura 6 - Praias ao longo da costa do Nordeste onde foram encontrados cartões de deriva lançados em 22 de fevereiro de 2006. Cada tom de cinza representa um ponto de lançamento.

A influência dos ventos sobre a direção e velocidade das correntes em áreas costeiras é um fato conhecido e bastante relatado em diversas áreas do mundo (e.g., Albérola & Millot, 2003; Beardsley *et al.*, 2004; Míguez *et al.*, 2005; Marín & Delgado, 2007).

No caso da região Nordeste do Brasil, o regime de ventos possui uma sazonalidade bem marcada, com período de ventos predominantes de Nordeste, mais forte nos meses de verão, e outro período de ventos predominantes de Sul/Sudoeste, mais forte nos meses de inverno (Aragão, 2004). Os experimentos realizados mostraram que as correntes atuantes na costa do Nordeste seguem o padrão comportamental dos ventos, sofrendo inversões sazonais. Nos períodos de ventos de Nordeste/Leste, a direção predominante da corrente tende a ser para Sul/Sudoeste. Como nesse período as águas são transportadas no mesmo sentido da linha de costa, a transparência da água tende a elevar-se. Após a inversão, quando os ventos passam a ser de Oeste/Sudoeste, a corrente passa a ter direção predominante para Norte/Nordeste, ocasionando uma elevação da turbidez da água. Esse sistema já havia sido descrito por Hazin (1994), com base no conhecimento do padrão de circulação atmosférica e no conhecimento empírico da área e por Artamonov *et al.* (2002) para a circulação de larga escala no Atlântico Sul.

No caso do primeiro lançamento, sob condição de ventos de Sudeste, todos os cartões seguiram para Norte margeando o litoral nordestino. É possível que os cartões lançados nesta primeira etapa e encontrados em praias mais distantes, como em Pedra do Sal no Piauí e no povoado do bar da Hora no Maranhão, tenham sofrido influência da Corrente Norte do Brasil. Tal corrente é oriunda da bifurcação da corrente Sul-equatorial, que se dá entre as latitudes de 8° e 10° Sul, e segue para Norte contornando a costa brasileira (Stramma & Schott, 1999; Schott *et al.*, 1998).

Para os cartões provenientes do segundo lançamento, todos os encontros foram reportados em praias ao Sul do Porto de Suape evidenciado, novamente, a influência da direção dos ventos. No entanto, a taxa de notificação do encontro dos cartões foi menor (15,2% contra 39,2%). A ausência do número de chamada gratuita e do sorteio de prêmios certamente influenciou nessa redução mas é possível que esta menor recuperação tenha se devido, também, a outros dois fatores. O primeiro está ligado ao ângulo de cinco graus que a costa brasileira faz com o Norte Geográfico, pois ao deslocarem-se em direção ao Sul os cartões tenderiam a se afastar naturalmente da costa. O segundo fator está ligado à possível influência do efeito de Coriolis, o qual tenderia a des-

viar o movimento dos cartões para a esquerda, ou seja, em direção ao mar aberto. Esses dois fatores somados podem ter dificultado a chegada dos cartões à praia e, assim, o encontro dos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albérola, C. & Millot, C. Circulation in the French mediterranean coastal zone near Marseilles: the influence of wind and the Northern Current. *Cont. Shelf Res.*, v.23, p.587-610, 2003.
- An, B.W. & McDonald, N.R. Coastal currents and their interaction with topography. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, v.40, p.237-253, 2005.
- Aragão, J.O.R. A influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do Nordeste do Brasil. *Oceanografia: Um Cenário Tropical*. Baía de Recife, p.131-184, 2004.
- Artamonov, Y.V.; Bulgakov, N.P. & Lomakin P.D. Geostrophic circulation of waters in the South Atlantic Ocean and its seasonal variability. *J. Phys. Oceanogr.*, v. 12, n. 3, 2002.
- Beardsley, R.C.; Limeburner, R. & Brechner, O.W. Drifter measurements or surface currents near Marguerite bay on the western Atlantic Peninsula shelf during austral summer and fall, 2001 and 2002. *Deep Sea Res. Part II*, 51, 1947-1964, 2004.
- Geyer, W.R.; Hill, P.S. & Kineke, G.C. The transport, transformation and dispersal of sediment by buoyant coastal flows. *Cont. Shelf Res.*, v.24, p. 927-949, 2004.
- Hazin, F.H.V. Ecologia dos tubarões na costa do Estado de Pernambuco. *Universidade Federal Rural de Pernambuco, Relatório Técnico-Científico*, 426 p, Recife, 1994.
- Kaczmarek, L.M.; Biegowski, J. & Ostrowski, R. Modelling cross-shore intensive sand transport and changes of bed grain size distribution versus field data. *Coastal Eng.*, v.51, p. 501- 529, 2004.
- Lira, L. *Aspectos da erosão marinha no litoral de Suape-PE. Parecer elaborado para a Prefeitura Municipal do Cabo de Santo Agostinho*, 45 p., 1987.
- Marín, V.H. & Delgado, L.E. Lagrangian observations of surface coastal flows North of 30° S in the Humboldt Current system. *Cont. Shelf Res.*,v. 27, p. 731-743, 2007.
- Míguez, B.M.; Varela, R.A.; Rosón, G.; Souto, C.; Cabanas, J.M. & Fariña-Busto, L. Physical and biogeochemical fluxes in shelf waters of the NW Iberian

upwelling system: hydrography and dynamics. *J. Mar. Syst.*, v. 54, p. 127-138, 2005.

Schott, F.A.; Fischer, J. & Stramma, L. Transports and pathways of the upper layer circulation in the

Western Tropical Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, v.28, p. 1904-1928, 1998.

Stramma, L. & Schott, F. The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean. *Deep Sea Res. Part II*, v.46, p. 279-303, 1999.