

Geologia e Geomorfologia do Quaternário Costeiro do Estado do Rio Grande do Norte

Alcina Magnólia Franca Barreto¹ (alcina@npd.ufpe.br), Kenitiro Suguio², Francisco Hilário Rego Bezerra³,
Sonia Hatsue Tatumi⁴, Márcio Yee⁴, Paulo César Fonseca Giannini²

¹Departamento de Geologia - CTG - UFPE

Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, CEP 50740-530, Recife, PE, BRA

²Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental - Instituto de Geociências - USP, São Paulo, SP, BRA

³Departamento de Geologia - CCET - UFRN, Natal, RN, BRA

⁴Departamento de Ensino Geral - FATEC, São Paulo, SP, BRA

Palavras-chave: Quaternário, depósitos costeiros, Rio Grande do Norte.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é a apresentação de um mapa geológico-geomorfológico preliminar para o Quaternário costeiro do Estado do Rio Grande do Norte, com destaque para os depósitos eólicos. O mapa foi elaborado a partir de fotografias aéreas, escala 1:70.000, imagens de satélite (P/B, banda 4), escala 1:100.000, mapas topográficos e trabalhos de campo. Foram feitas datações ¹⁴C em rochas praias e depósitos de paleomangues e datações por termoluminescência em sedimentos eólicos e marinhos. Nos depósitos eólicos foram identificados três domínios geomorfológicos de dunas inativas e um de dunas ativas. Eles formaram-se no Quaternário a partir de retrabalhamento de areias da própria planície costeira e de sedimentos da Formação Barreiras. As idades TL de 36 amostras indicam que os depósitos eólicos foram formados durante seis intervalos principais: 390.000 – 326.000, 270.000 – 240.000, 210.000 – 150.000, 63.000 – 24.000, 11.000 – 9.000 e, 6.500 anos – presente. Essas idades sugerem sua deposição tanto durante estágios glaciais como interglaciais, relacionados a níveis relativos de mar baixos e altos respectivamente. Dois terraços marinhos foram identificados, com idades de 210.000 a 214.000 anos e 110.000 a 120.000 anos. O primeiro ocorre entre Natal e Baía Formosa, onde a costa se orienta na direção N – S; o segundo encontra-se no trecho da costa entre São Bento e Zumbi, com orientação E - W. Extensos depósitos de intermaré holocênicos, principalmente de arenitos praias, estão localizados na costa orientada N – S e apresentam idades entre 7.000 – 6.000 anos AP. e 5.500 - 4.500 anos AP.

Keywords: Rio Grande do Norte, Quaternary, coastal deposits.

ABSTRACT

This study presents the regional geological-geomorphological map of the Quaternary coastal record of Rio Grande do Norte State, Brazil, with emphasis on the aeolian deposits. The Quaternary record comprises aeolian, alluvial, and marine deposits (peat, intertidal, and tidal flat deposits). They were dated by thermoluminescence (TL) and ¹⁴C methods. One active and three inactive aeolian geomorphological domains have been identified, which formed since the early Quaternary by the accumulation of sands from the coastal plain and such continental sources as the Barreiras Formation. TL dates indicate that aeolian deposits were formed in six main phases: 390,000 - 326,000, 270,000 - 240,000, 210,000 - 150,000, 63,000 - 24,000, 11,000 - 9,000, 6,500 years – till the present. These dates also indicate that aeolian deposits formed during both interglacial and glacial stages related to relative sea-level highstands and relative sea-level falls, respectively. Two marine terrace deposits have also been identified: a 210,000 - 214,000 year BP deposit between Natal and Baía Formosa on the N-S-trending coast; and a 120,000 - 114,000 year BP deposit between São Bento and Zumbi, mostly on the E-W-trending coast. Extensive Holocene intertidal deposits, mainly beachrocks, located on the N-S-trending coast exhibit ages of 7,000 - 6,000 and 5,500 - 4,500 cal. yr BP.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os trabalhos existentes sobre a geologia dos sedimentos quaternários costeiros do Estado do Rio Grande do Norte enfatizam a descrição de depósitos eólicos e marinhos, baseados em critérios sedimentológicos e geomorfológicos. Os primeiros estudos relacionados aos depósitos eólicos litorâneos já aventavam a hipótese de existência de diferentes gerações de dunas eólicas no estado (e. g. Gomes *et al.*, 1981; Nogueira *et al.*, 1975) e esboçavam sucessões de idades relativas e inferências paleoclimáticas (Perrin e Costa, 1982) baseadas em contrastes de coloração das areias, de posição relativa à linha de costa atual e de feições morfológicas. Mais recentemente, Barreto *et al.* (1999) e Yee *et al.* (2000) dataram sedimentos eólicos por termoluminescência (TL), e Tatumi *et al.* (1999), por luminescência opticamente estimulada (LOE).

Os estudos sobre os depósitos marinhos quaternários deste trecho da costa brasileira foram iniciados no começo do século passado. Eles enfocaram as rochas praias e sedimentos de intermarés (e. g. Branner, 1904; Srivastava e Corsino, 1984; Lucena, 1997), bem como os depósitos lagunares e/ou lacustres (e. g. Melo, 2000). Entretanto as primeiras idades absolutas só foram obtidas a partir da década de 1990 em rochas praias (Oliveira *et al.*, 1990; Bezerra *et al.*, 1998; Bezerra e Vita-Finzi, 2000) e depósitos deltaicos (Silva, 1991).

Este trabalho, de caráter regional, tem por objetivo contribuir para a cartografia geológica dos sedimentos litorâneos do Rio Grande do Norte. O mapa apresenta a cronologia absoluta de depósitos costeiros para o Quaternário superior a partir da integração de idades previamente publicadas, e idades inéditas obtidas por TL e ^{14}C , referentes principalmente a sedimentos eólicos e marinhos. Inclui-se também a tentativa de distinção entre depósitos costeiros pleistocênicos e holococênicos, através da cartografia de distintos terraços marinhos, rochas praias e domínios eólicos (gerações de dunas) baseados em critérios geomorfológicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção do mapa foram realizadas etapas de campo, combinadas com o estudo de cartas geológicas (Barbosa *et al.*, 1974; DNPM/UFRN, 1998) e topográficas prévias, além de mosaicos de radar do projeto RADAMBRASIL (1:250.000) e outros produtos de sensoriamento remoto. A base de dados incluiu também obtenção de idades por ^{14}C em rochas praias e datações por TL em depósitos eólicos e marinhos. As datações ao radiocarbono foram executadas pelo *Beta Analytic Inc.* (Florida, EUA) e as datações TL pelo Laboratório de Vidros e de Datação da Faculdade de

Tecnologia de São Paulo (FATEC - SP).

As amostras para datação TL foram coletadas do interior dos depósitos e protegidas da radiação solar. Em laboratório, as areias foram peneiradas para a obtenção da fração 0,180 – 0,062 mm, tratada a seguir com ácidos (HF, 20% por 45 minutos e HCl, 20% por duas horas) para eliminação da influência da radiação *alfa* no sinal TL do quartzo, da película de óxido de ferro e de outros minerais leves menos resistentes indesejáveis, como as micas. Separaram-se os minerais pesados por afundamento em bromofórmio (CHBr_3). As leituras das paleodoses foram feitas em equipamento *Daybreak, Nuclear and Medical Systems Incorporated, Model 1100 –series Automated TL/OSL*, com filtros ópticos Schott BG-39 e Corning 7-59, à taxa de aquecimento linear de $10^\circ\text{C}/\text{seg.}$, segundo o método da *regeneração total* (Aitken, 1998). A vantagem deste método é que o valor da paleodose não precisa ser extrapolado. As doses anuais de radiação natural local foram determinadas através da medida das concentrações de ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th e ^{40}K , obtidas pela Análise de Ativação de Nêutrons (AAN), no espectrômetro de radiação- γ com detector de germânio de alta resolução do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/ Comissão Nacional de Energia Nuclear (IPEN/CNEN - SP).

CONTEXTOS GEOLÓGICO E GEOMORFOLÓGICO COSTEIROS

A área de estudo abrange o litoral do Rio Grande do Norte, com cerca de 350 km de extensão, entre $4^\circ 49'$ a $6^\circ 29'$ de latitude sul e $35^\circ 7'$ a $37^\circ 15'$ de longitude oeste. Geologicamente, é constituída por embasamento cristalino pré-cambriano, por rochas sedimentares cretáceas das bacias sedimentares Potiguar e Pernambuco-Paraíba e por depósitos terrígenos miocênicos a pliocênicos da Formação Barreiras. Recobrimo estas unidades, ocorrem os depósitos marinhos, praias, eólicos e aluviais do Quaternário (Figura 1).

Geomorfologicamente, a área estudada inclui-se na *região nordestina* ou *litoral das barreiras* de Silveira (1964), caracterizada pela constante presença dos depósitos sedimentares da Formação Barreiras, que formam uma superfície mais ou menos plana (tabuleiro), dissecada pela drenagem atual e suavemente inclinada para o oceano. Os afloramentos da Formação Barreiras separam a região costeira da sublitorânea e terminam, próximo ao mar, em falésias muitas vezes ativas (*vivas*). As planícies litorâneas de cristas praias são pouco desenvolvidas ou inexistentes, o que denota mais tendência à erosão que à sedimentação, conforme evidenciado pela presença constante de falésias de rochas mais antigas, com até 30 - 40 m de altura, não somente da Formação Barreiras, mas também de depósitos de paleopraias quaternárias, na forma de terraços de constru-

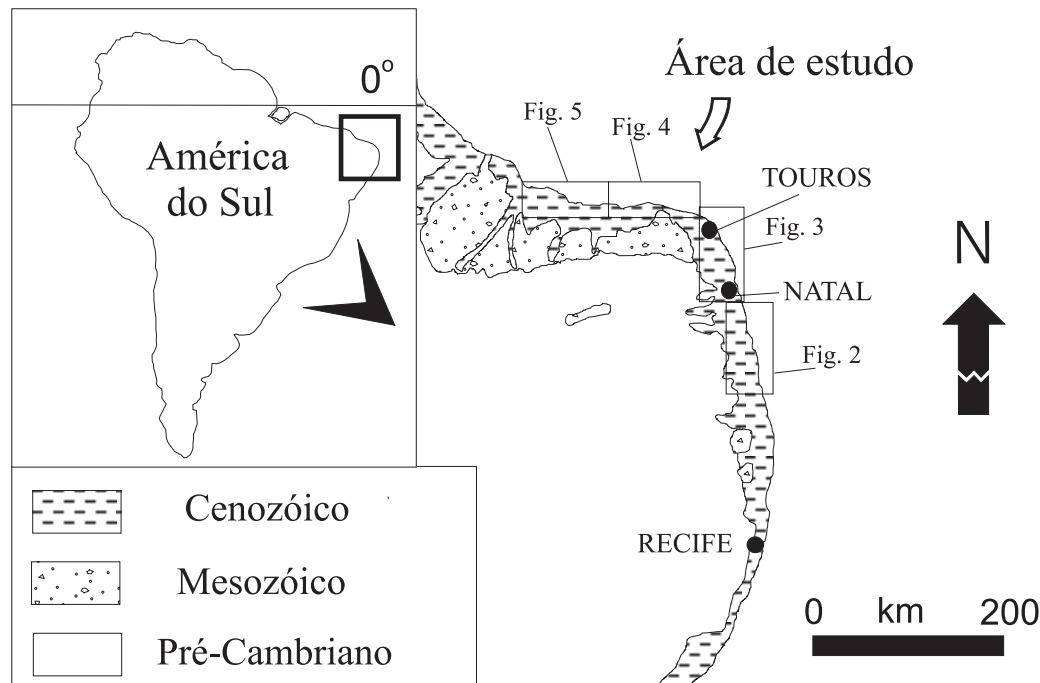


Figura 1. Área de estudo e geologia regional.

ção marinha, e de paleodunas. O retrabalhamento de sedimentos praias por processos eólicos é marcante, a amplitude de marés é de mesomaré (2 a 4 m) e, segundo Bezerra *et al.* (1998) e Bezerra e Vita-Finzi (2000), a tectônica quaternária tem sido ativa na região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sedimentos quaternários mapeados ao longo da costa compreendem depósitos eólicos (dunas ativas e inativas e lençóis de areia inativos), e marinhos (depósitos regressivos pleistocênicos, rochas praias holocênicas e depósitos de planície de maré atual).

Depósitos Eólicos

No litoral do Rio Grande do Norte, ocorrem dunas ativas e inativas. Para a caracterização das dunas inativas utilizaram-se três tipos de critérios:

a. critérios morfológicos, que incluem a possível modificação dos ângulos de inclinação de barlavento e sotavento, a presença de ravinas e leques de areia, o grau de dissecação e a tendência para a redução da altura da duna e obliteração das formas deposicionais originais, todos crescentes com a idade;

b. critérios sedimentológicos, baseados na presença de silte e argila pedogenéticos e no grau de seleção da areia;

c. critérios biológicos, que envolvem principalmente a presença e a densidade de cobertura vegetal, que na área variou de aberta, do tipo restinga (maior parte do estado), até vegetação densa de mata Atlântica (sul do estado). Para efeito de mapeamento, foi feita a distinção de pelo menos quatro domínios de dunas eólicas, dos quais três são inativos. Dada a possibilidade de existência de correlação positiva entre a maioria dos critérios de caracterização de dunas inativas e as idades relativas, os domínios reconhecidos podem também ser considerados como possíveis gerações de dunas (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Ocorrem formas barcanas, barcanóides e parabólicas, com diferentes graus de preservação nos diferentes domínios eólicos. O primeiro domínio corresponde ao das dunas ativas (DA), caracterizado pela predominância de barcanas isoladas e cristas barcanóides associadas a frentes parabólicas transgressivas, com pouca ou nenhuma vegetação. O segundo domínio é o das dunas inativas com formas nítidas (DIn). Corresponde a dunas parabólicas compostas, vegetadas e com morfologia nítida nas imagens de satélite e fotografias aéreas. Este domínio inclui também dunas parabólicas ativas, parcialmente vegetadas e com migração lenta. O terceiro domínio, das dunas inativas com formas tênues

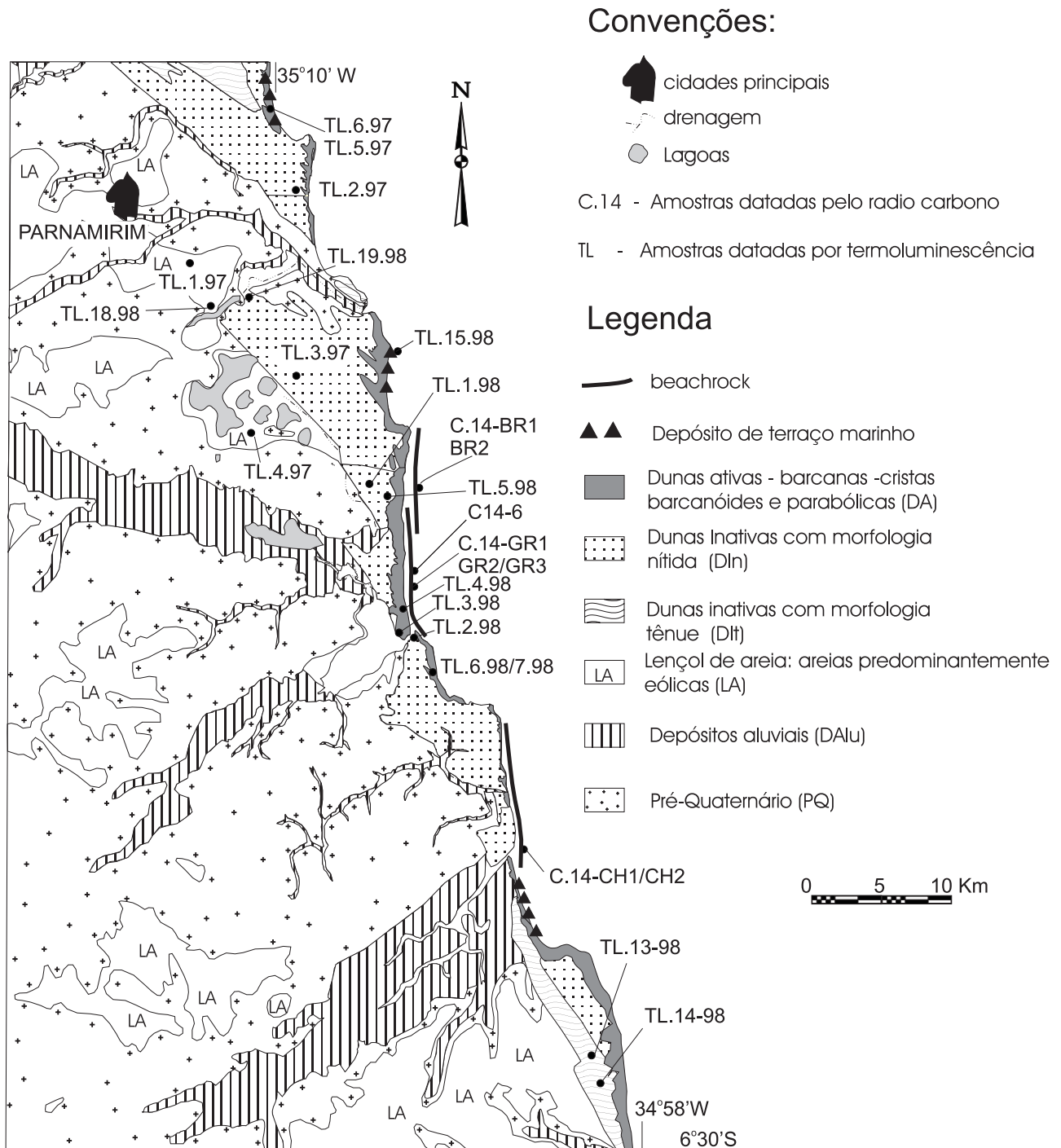
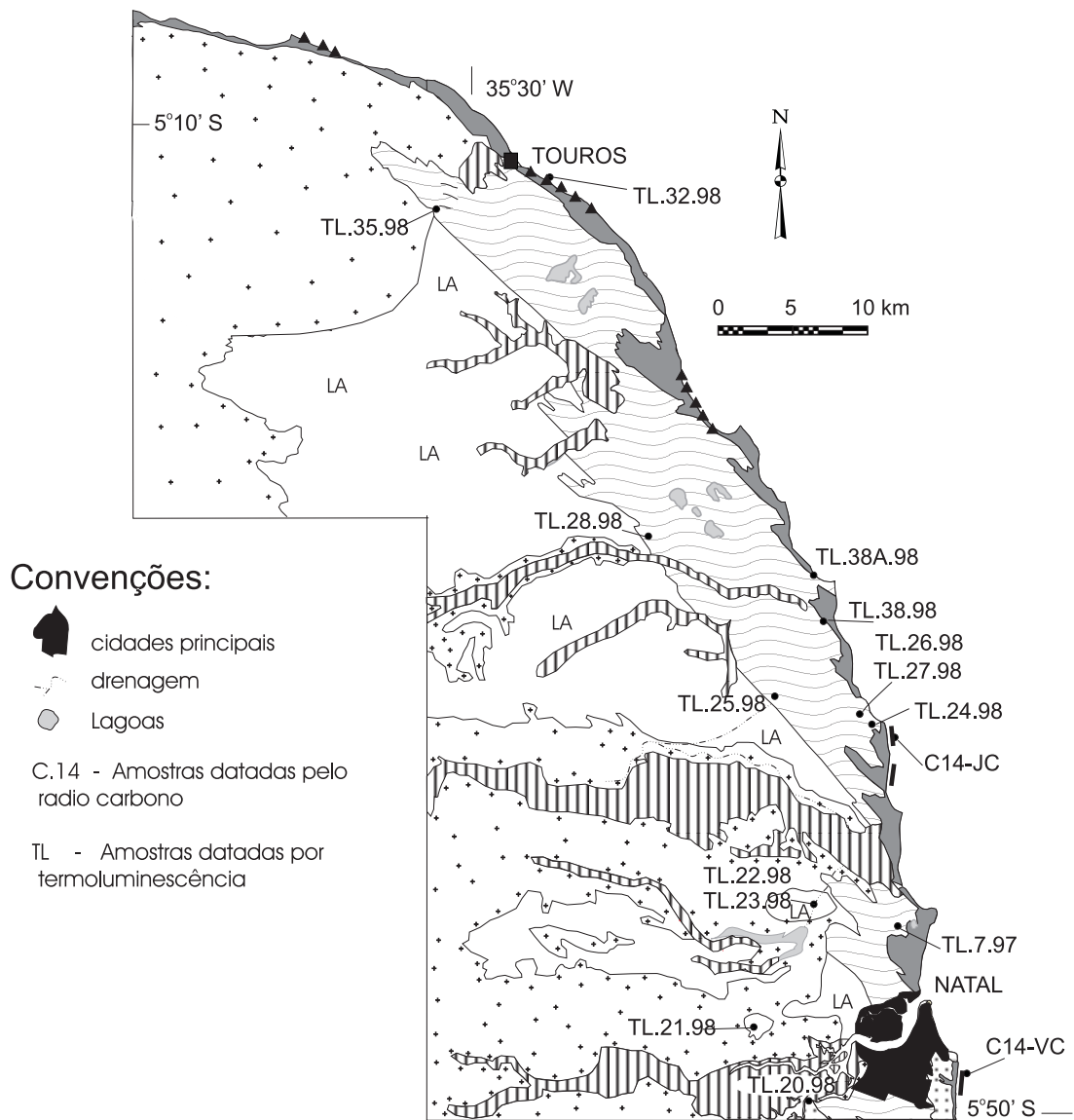


Figura 2. Mapa geológico do Quaternário costeiro do Rio Grande do Norte. Setor extremo sul do estado a norte de Parnamirim.



Legenda

- Depósito de terraço marinho
- Dunas ativas - barcanas - cristas barcanóides - parabólicas (DA)
- Dunas inativas com morfologia nítida (DIn)
- Dunas inativas com morfologia tênue (DIt)
- Lençol de areia: areias predominantemente eólicas sem morfologia nítida (LA)
- Depósitos aluviais (DAlu)
- Pré-quaternário (PQ)

Figura 3. Mapa geológico do Quaternário costeiro do Rio Grande do Norte. Setor Natal a oeste de Touros.

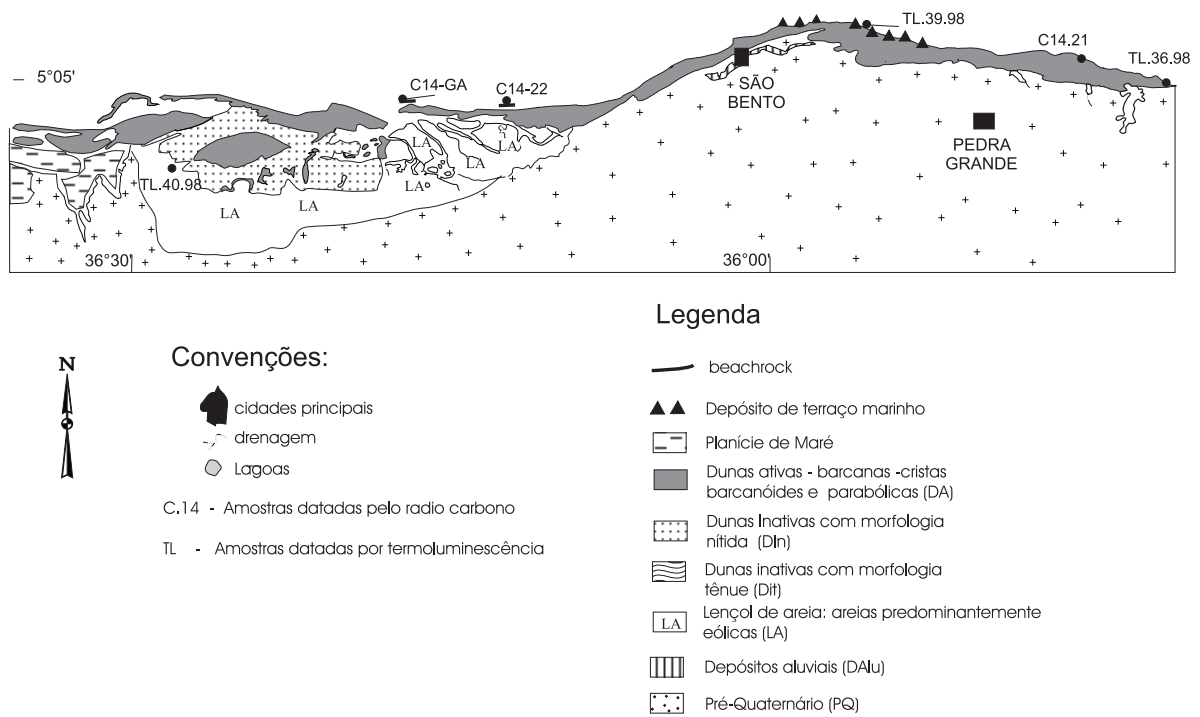


Figura 4. Mapa geológico do Quaternário costeiro do Rio Grande do Norte. Setor oeste de Touros a leste de Macau.

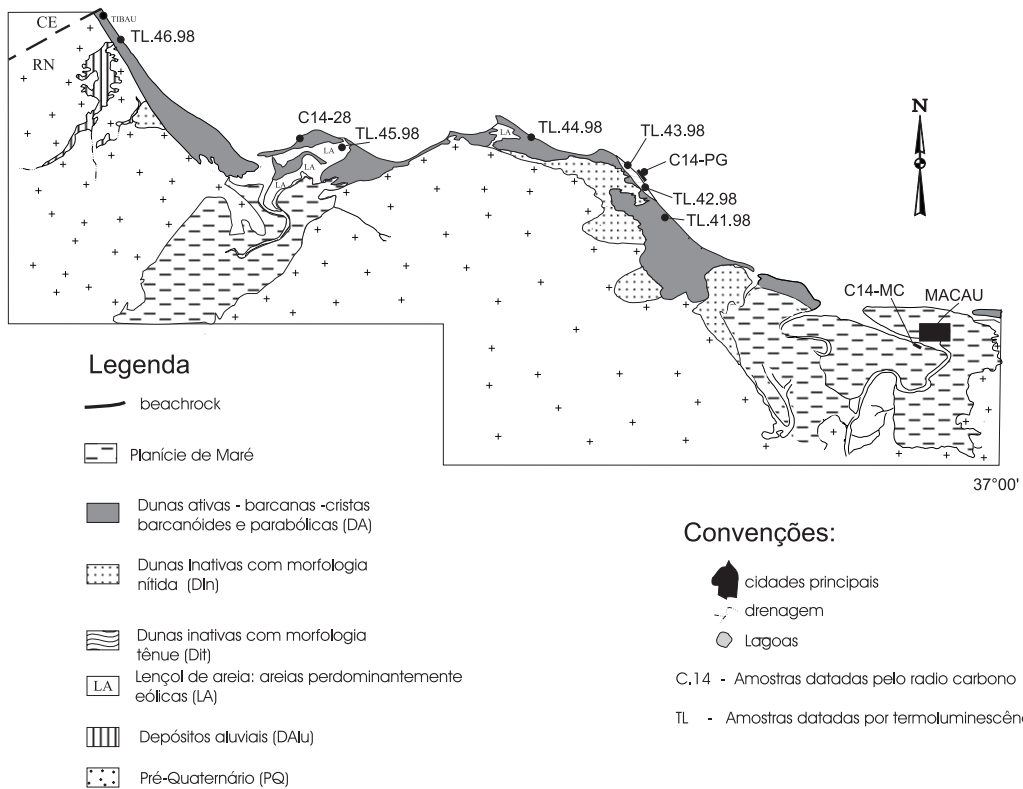


Figura 5. Mapa geológico do Quaternário costeiro do Rio Grande do Norte. Setor leste de Macau a Tibau.

(DI_t), é constituído predominantemente de dunas do tipo parabólicas compostas e simples, além de longitudinais, estas últimas correspondentes possivelmente a rastros lineares residuais (*trailing ridges*) de dunas parabólicas. O quarto domínio, também inativo, é o dos lençóis de areia (LA), constituído por formas mais tênues ou dissipadas que os demais. Feições de reativação são visíveis em imagens de satélites em todos os domínios de dunas inativas.

As idades encontradas nos quatro domínios eólicos, obtidas por TL (Tabela 1 e Figura 6), representam os tempos decorridos após a última exposição das areias aos raios solares, seja durante sua deposição, seja em eventos posteriores de erosão e/ou retrabalhamento. As idades variaram de 390.000 anos até o presente. O domínio de dunas inativas com formas nítidas (DI_n) apresenta idades de 6.000 anos a poucas dezenas ou centenas de anos. As idades mais antigas neste domínio coincidem aproximadamente com o máximo nível relativo do mar (NRM) holocênico na costa nordeste brasileira. As idades mais novas corresponderiam a porções recentemente expostas ou reativadas destas paleodunas. Os domínios de dunas inativas com formas tênues (DI_t) apresentam idades muito variáveis, desde 89.000 anos até o Recente (Holoceno). Das 14 amostras datadas deste domínio, três apresentam idades coincidentes com a passagem Pleistoceno-Holoceno (11.000 a 9.000 anos). O domínio dos lençóis de areia (LA) reúne idades desde 390.000 até 5.700 anos. As idades TL mais novas obtidas nos dois domínios DI_t e LA podem representar retrabalhamento dos depósitos eólicos, sugerindo que também nessas unidades ocorreram reativações eólicas.

Possíveis discordâncias entre depósitos eólicos, rerepresentados por contatos abruptos entre dunas de diferentes texturas e colorações, foram estabelecidas no campo. Posteriormente, os hiatos entre estes depósitos foram evidenciados pelos resultados de datações por TL (Figuras 6.6, 6.7, 6.10, 6.16 e 6.17, 6.19, 6.23 e 6.28).

As atividades eólicas durante o Pleistoceno Superior parecem ter sido bastante frequentes na área (18 amostras ou 50% do total), provavelmente intercaladas por vários momentos de estabilidade parcial e fixação de dunas. O início do Holoceno é marcado por quatro amostras datadas entre 11.000 e 9.000 anos. Nova fase de atividade eólica teria ocorrido a partir de 6.500 anos AP. (Holoceno médio), conforme sugerido pelas idades de 13 amostras que variaram entre 6.500 e 50 anos. As 5 amostras com idades mínimas inferiores a 200 anos evidenciam atividade recente de areias eólicas, associada à dinâmica dos campos de dunas ativas da área de estudo, ou retrabalhamento de dunas antigas. A baixa coerência entre os domínios geomorfológicos eólicos e as idades obtidas é sugestiva de que a sucessão de fases de reativação ou erosão de dunas previamente estabilizadas pode ter sido complexa.

Com base na distribuição das idades ao longo do tempo, torna-se possível vislumbrar pelo menos seis fases mais importantes de atividade eólica, seguidas de fixação: 390.000 a 326.000 anos (duas amostras), 240.000 a 270.000 anos (três amostras), 210.000 a 150.000 anos (três amostras), 63.000 a 24.000 anos (nove amostras), 11.000 a 9.000 anos (cinco amostras) e 6.500 anos até hoje (13 amostras).

As dunas inativas, formadas pelo menos desde o Quaternário superior, teriam resultado da acumulação de areias vindas tanto das praias, quanto das planícies costeiras ou aluviais expostas. A contribuição da Formação Barreiras como rocha-fonte deve ter variado em função direta do grau de exposição e dissecação. Desse modo ela teria atuado como fonte principalmente em momentos de nível do mar mais baixo que o atual, durante os períodos glaciais. Giannini *et al.* (2001) apresentam dados texturais e mineralógicos que suportam estas idéias. Com base nas idades aqui apresentadas, a geração de dunas eólicas teria ocorrido tanto durante os contextos de NRM alto (estádios interglaciais), como nos de NRM baixo (estádios glaciais). Com base em resultados sedimentológicos de Giannini *et al.* (2001), os sedimentos eólicos depositados em contexto de mar baixo teriam sido influenciados pela erosão mais efetiva da Formação Barreiras devido ao rebaixamento do nível de base. As dunas deste contexto seriam formadas a partir do retrabalhamento de areias da planície exposta na regressão forçada. A maior importância da Formação Barreiras como rocha-fonte imediata nos períodos de nível do mar muito mais baixo do que o atual explicaria a formação de dunas de coloração mais vermelha e de granulação mais grossa nesses períodos.

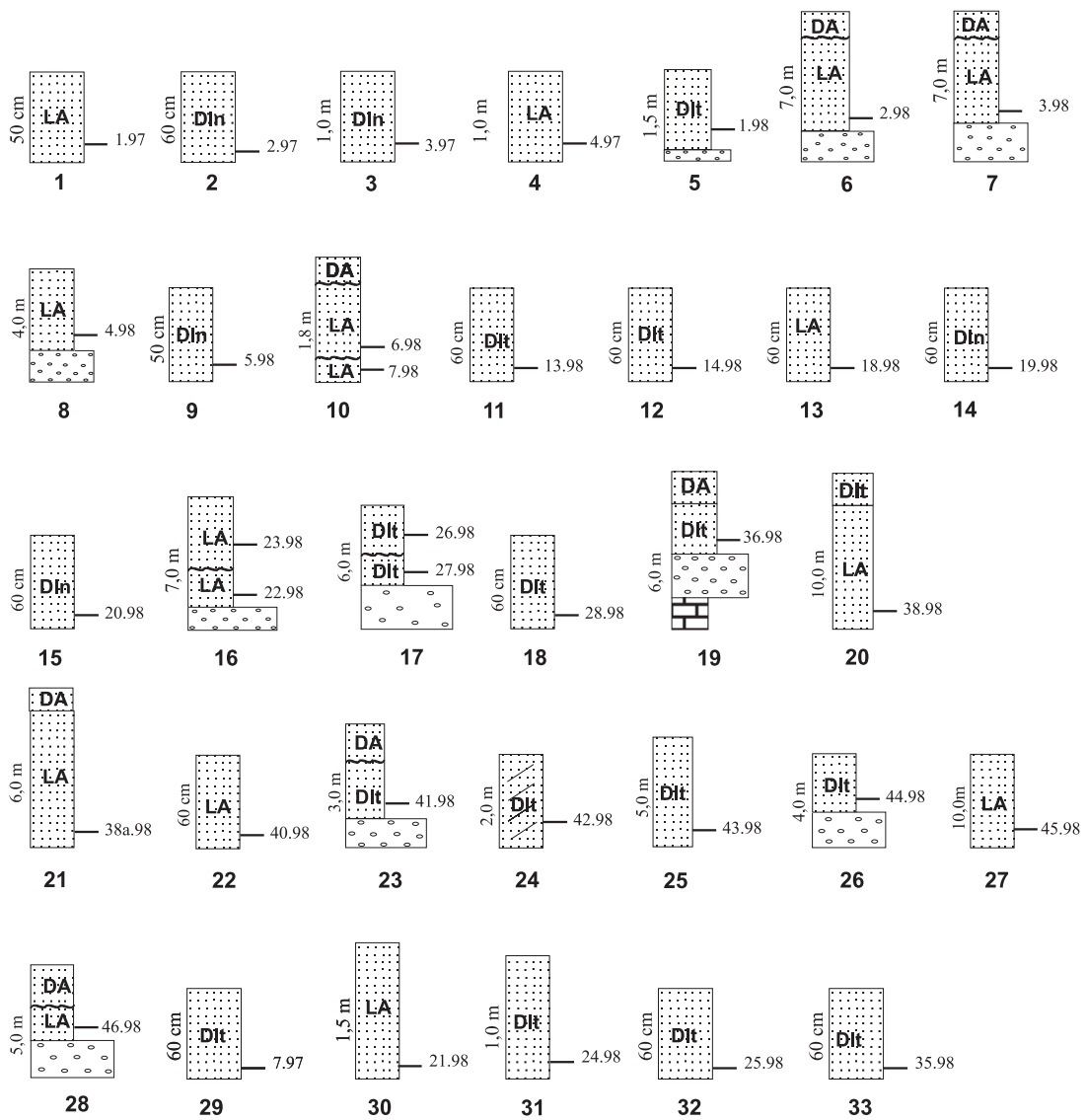
Depósitos Marinheiros

Os sedimentos marinhos cartografados neste trabalho compreendem os depósitos de intermarés a inframarés pleistocênicos, depósitos de intermarés a inframarés holocênicos (rochas praias) e depósitos de planície de maré atual.

Os depósitos pleistocênicos de intermarés a inframarés afloram na forma de falésias em dois setores do litoral do estado, cada qual apresentando tipos litológicos e idades distintas. Ambos apresentam contatos basais erosivos com a Formação Barreiras e acham-se recobertos por dunas inativas ou ativas. O depósito mais antigo aflora entre Natal e Baía Formosa (Figura 2), com altitude máxima de 7 m, sendo constituído por arenitos quartzosos mais ou menos argilosos a conglomeráticos. As idades TL indicam que este depósito foi formado entre 215.000 e 206.000 anos (Tabela 2). O depósito mais novo é composto por arenitos biodetríticos, grossos a muito grossos, localmente conglomeráticos, com intensa cimentação carbonática,

Tabela 1. Localizações, cores, doses anuais de radiação local, paleodoses e idades obtidas por TL das amostras de dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Norte. As amostras com asteriscos foram corrigidas pelas doses anuais de radiação local por diferenças de teores de K, de Barreto et al. (1999). **DIn** – duna inativa com morfologia nítida em fotografias aéreas e imagens de satélite. **DIt** – duna inativa com morfologia tênue. **LA** – lençol de areia (depósitos eólicos sem morfologia preservada).

Amostra	Domínio eólico	Localização (UTM)	Cor	Dose anual ($\mu\text{Ga/ano}$)	Paleodose (Ga)	Idade (anos)
2.97	DIn	2606 - 9349	Laranja pálido	557 ± 6	0,12 ± 0,01	220 ± 20
3.97	DIn	2607 - 9333	Marrom claro	463 ± 4	2,8 ± 0,3	3900 ± 700
1.98	DIn	2643 - 9327	Marrom amarelado	463 ± 4	2,8 ± 0,3	6000 ± 600
5.98	DIn	2657 - 9326	Marrom amarelado	463 ± 4	2 ± 0,3	4600 ± 600
19.98	DIn	2569 - 9339	Laranja amarelado	-	0,1 ± 0,01	1 - 50
20.98	DIn	2482 - 9355	Marrom amarelado	-	0,1 ± 0,01	1 - 50
25.98	DIt	2438 - 9385	Laranja amarelado	-	0,5 ± 0,02	1 - 200
7.97	DIt	2556 - 9368	Marrom amarelado	706 ± 13	0,9 ± 0,3	3500 ± 1200
13.98	DIt	2676 - 9290	Marrom amarelado	419 ± 4	14 ± 1	33000 ± 3000
14.98	DIt	2776 - 9290	Marrom moderado	419 ± 4	11 ± 1	26000 ± 3000
24.98	DIt	5523 - 9382	Marrom amarelado	430 ± 7	22 ± 3	51000 ± 7200
26.98	DIt	2508 - 9384	Laranja amarelado	513 ± 7	11 ± 1	21400 ± 2000
27.98	DIt	2508 - 9384	Laranja escuro	513 ± 7	18 ± 1	35000 ± 2000
28.98	DIt	2352 - 9397	Marrom claro	1185 ± 17	13 ± 0,5	11000 ± 500
35.98	DIt	2196 - 9421	Marrom acinzentado	-	0,1 ± 0,01	1 - 50
36.98	DIt	2164 - 9431	Marrom avermelhado	1414 ± 16	127 ± 6	89700 ± 6000
41.98	DIt	7405 - 9434	Marrom avermelhado	1623 ± 17	40,1 ± 0,4	24700 ± 5000
42.98	DIt	7392 - 9447	Marrom claro	596 ± 20	1,5 ± 0,1	2500 ± 200
43.98	DIt	7374 - 9451	Marrom claro	678 ± 20	6,2 ± 0,2	9100 ± 600
44.98	DIt	7482 - 9454	Marrom avermelhado	437 ± 17	4,1 ± 0,2	9400 ± 800
46.98	LA	6935 - 9465	Marrom avermelhado	857 ± 16	128 ± 3	149000 ± 6000
1.97	LA	2537 - 9349	Marrom claro	557 ± 6	145 ± 2	35000 ± 5000
4.97	LA	2593 - 9331	Marrom amarelado	963 ± 9	0,4 ± 0,1	4200 ± 100
2.98	LA	2685 - 9316	Laranja acinzentado	475 ± 6	185 ± 5	390000 ± 10000
3.98	LA	2685 - 9316	Laranja acinzentado	466 ± 7	112 ± 3	240000 ± 10000
4.98	LA	2680 - 9313	Marrom amarelado	463 ± 4	4 ± 0,3	9150 ± 900
6.98	LA	2696 - 9313	Marrom claro	332 ± 6	70 ± 2	210000 ± 30000
7.98	LA	2696 - 9313	Marrom amarelado	629 ± 7	150 ± 7	240000 ± 10000
18.98	LA	2567 - 9338	Marrom amarelado	463 ± 5	3 ± 0,5	6500 ± 500
21.98	LA	2482 - 9359	Marrom avermelhado	1534 ± 20	500 ± 2	326000 ± 5600
22.98	LA	2482 - 9355	Marrom avermelhado	706 ± 13	45 ± 3	64000 ± 5000
23.98	LA	2482 - 9365	Marrom claro	463 ± 4	5,3 ± 0,5	11000 ± 1000
38.98	LA	2493 - 9390	Laranja acinzentado	315 ± 14	141 ± 5	190000 ± 10000
38a.98	LA	2486 - 9394	Laranja acinzentado	419 ± 4	84 ± 3	270000 ± 20000
40.98	LA	-	Laranja acinzentado	793 ± 10	4,5 ± 0,4	5700 ± 600
45.98	LA	7137 - 9454	Marrom amarelado	348 ± 11	22,0 ± 0,4	63000 ± 3000



- | | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| DA | Dunas ativas | Superfície discordante |
| Din | Dunas inativas de morfologia nítida | Estrutura maciça |
| Dit | Dunas inativas de morfologia tênue | Estratificação cruzada |
| LA | Lençol de areia | 42.98 Número da amostra |
| Formação Barreiras | | |
| Formação Jandaíra | | |

Figura 6. Seções estratigráficas de depósitos eólicos datados por TL.

aflorando no trecho entre Zumbi (Figura 3) e São Bento do Norte (Figura 4). A altitude dos afloramentos varia entre 3 e 20 m; em algumas localidades, como Zumbi, os afloramentos ocorrem em meio às dunas eólicas, situadas até cerca de 200 m continente adentro. Duas datações TL indicam que este depósito formou-se entre 117.000 e 110.000 anos (Tabela 2). Barreto *et al.* (2001a e 2001b) e Suguio *et al.* (2001) apresentam detalhes sobre esses depósitos sedimentares e suas relações com a variação do NRM durante o Pleistoceno superior.

As rochas praias afloram ao longo de toda a costa do Rio Grande do Norte (Figuras 2 a 5) e apresentam idades que variam do Holoceno médio até o presente (Tabela 3). A granulometria varia de areia fina a conglomerática. Entre as estruturas sedimentares, têm-se principalmente estratificações cruzadas acanaladas e estratificação cruzada de ângulo baixo (séries cuneiformes de estratificações plano-paralelas), relacionadas aos depósitos de intermaré

inferior a inframaré e depósitos de inframaré superior, respectivamente (Bezerra *et al.*, 1998). As idades dos corpos com extensão lateral quilométrica podem ser reunidas em dois grupos. O primeiro é exemplificado pelas rochas praias das praias de Guaraíra e Barra de Cunhaú (Figura 2), ambas com cerca de 3 km de extensão, cujas idades variam entre 5.600 e 7.400 anos cal AP. O outro grupo apresenta idades entre 4.380 e 5.310 anos cal AP., como as rochas praias da Praia de Barreta, também com mais de 3 km de extensão (Figura 2). Estes corpos parecem estar associados ao momento de desaceleração da subida do NRM na área de estudo.

As planícies de marés se desenvolveram no setor de orientação E–W nos estuários dos rios Açu e Mossoró (Figuras 4 e 5). A Tabela 3 contém os resultados de idades ^{14}C convencionais, bem como informações quanto à altura estimada do NRM, ao número de laboratório e aos materiais datados.

Tabela 2. Idades obtidas por TL de terraços marinhos pleistocênicos.

Amostra TL	Localização (UTM)	Paleodose (Ga)	Dose anual ($\mu\text{Ga}/\text{ano}$)	Idade (anos)
5.RN	2584 - 9351	89 ± 2	415 ± 4	215000 ± 7000
6.RN	2584 - 9351	70 ± 9	332 ± 6	211000 ± 31000
11.98RN	2756 - 9297	59 ± 5	332 ± 6	177000 ± 20000
15.98	2666 - 9330	71 ± 3	344 ± 3	206000 ± 11000
39.98	-	109 ± 4	999 ± 28	110000 ± 10000

Tabela 3. Idades ^{14}C obtidas em conchas de arenitos praias e paleomangues. Fontes: **1.** Este trabalho. **2.** Bezerra *et al.* (1998).

Amostra/ Fonte	Número de laboratório	Altura do paleonível marinho (metro)	Natureza da amostra (indicador de nível do mar)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ $^{\circ}/_{\text{‰}}$	Idade ^{14}C (anos AP)	Idade calibrada (AP a 2σ)
C14-21/(1)	Beta 121267	$2,1 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-	3960 ± 70	4140 - 3760
C14-22/(1)	Beta 121268	$1,2 \pm 0,5$	Conchas em rochas praias	-	2950 ± 70	2850 - 2550
C14-28/(1)	Beta 121274	$0,6 \pm 1,0$	Coral em rochas praias	-	3250 ± 70	3260 - 2860
PG/(2)	UCL 423	$0,6 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	0,54	2700 ± 80	2680 - 2190
MC1/(2)	UCL 345	$1,8 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	0,48	1600 ± 40	1250 - 1060
GA/(2)	UCL 416	$1,1 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	0,3	3550 ± 100	3680 - 3210
C14-6/(1)	Beta 121253	$0,8 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-	5470 ± 60	5950 - 5700
JC/(2)	UCL 413	$0,5 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	0,27	4950 ± 150	5600 - 4840
VC/(2)	UCL 430	$-0,7 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-0,5	6300 ± 200	7240 - 6300
BR1/(2)	UCL 403	$2,2 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-1,32	4700 ± 140	5310 - 4560
BR2/(2)	UCL 404	$1,8 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-1,32	4500 ± 120	4970 - 4380
GR1/(2)	UCL 419	$0,2 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-	5600 ± 170	6340 - 5600
GR2/(2)	UCL 421	$0,0 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-	6550 ± 210	7460 - 6550
GR3/(2)	UCL 405	$0,7 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-0,5	5950 ± 170	6730 - 5980
CH2/(2)	UCL 432	$1,7 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-0,77	5400 ± 170	6170 - 5440
CH1/(2)	UCL 414	$1,5 \pm 1,0$	Conchas em rochas praias	-2,25	6550 ± 210	7460 - 6550

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram reconhecidos quatro domínios geomorfológicos, um de dunas ativas (DA) e três com o predomínio de dunas inativas (DIn, DIt e LA), mas com indícios de reativações recentes. As idades obtidas dentro de cada um dos domínios geomorfológicos de depósitos eólicos reconhecidos apresentaram grande variação (Tabela 1). Apesar disso, os dados disponíveis não permitem descartar a hipótese de correlação destes domínios com diferentes gerações eólicas uma vez que as variações encontradas possam decorrer da grande extensão da área amostrada. Com base na distribuição das idades ao longo do tempo, é possível que pelo menos seis fases mais importantes de atividade eólica, seguidas de fixação, tenham ocorrido na área: 390.000 a 326.000 anos, 240.000 a 270.000 anos, 210.000 a 150.000 anos, 63.000 a 24.000 anos, 11.000 a 9.000 anos e 6.500 anos até o presente. A partir das idades TL, pode-se supor que as dunas tenham se estabelecido tanto em contexto de NRM alto quanto sob NRM baixo, tendo como área fonte imediata, respectivamente, as areias de praia e os sedimentos costeiros e aluviais expostos pela regressão.

Os terraços marinhos apresentam dois conjuntos de idades pleistocênicas sendo o mais antigo, com 210.000 – 214.000 anos (Ponta Negra, Barra de Tabatinga e Baía Formosa) e o mais novo, com 120.000 – 114.000 anos (São Bento, Touros, Zumbi). As rochas praias vêm sendo formadas continuamente por todo o litoral do Rio Grande do Norte, desde o Holoceno médio até o Presente, mas os corpos mais extensos apresentam as idades mais antigas, isto é, entre 5.600 – 7.400 anos cal AP e 4.380 – 5.310 anos cal AP, e podem representar o momento de desaceleração da subida do NRM, em escala milenar. As planícies de marés estão desenvolvidas mais conspicuamente na faixa costeira de orientação E – W (a oeste de Touros), e os exemplos mais representativos encontram-se nos estuários dos rios Açu e Mossoró.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo auxílio financeiro que permitiu a realização deste trabalho. Aos revisores da revista pelas sugestões ao manuscrito e à Sra. Maristela Prestes Severino pela conferência das referências bibliográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITKEN, M. J. *An introduction to optical dating - the dating of Quaternary sediments by of the photon-stimulated luminescence*. Oxford: University Press, 1998. 230p.
- BARBOSA, J. A.; BRAGA, A. P. G.; BEZERRA, M. A.; GOMES, J. R. C.; GATTO, C. M. P. P.; SOUZA, G. M. C.; LUZ, D. S.; PIRES, J. L.; TEIXEIRA, W.; FRANÇA, F. A. B.; CABRAL, E. M. A.; MENOR, E. A.; MONTEIRO, N.; BARROS, M. J. G.; RIBEIRO, E. G.; LIMA, E. A.; FONSECA, R. A. *Geologia*. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe e Natal. Rio de Janeiro: MME, 1981. p. 27-300. (Levantamento de Recursos Naturais, v. 23).
- LUCENA, L. R. F. Unidade Barra de Tabatinga – novas evidências de um paleodepósito quaternário de praia no MES, J. A. V. *Projeto Leste da Paraíba e Rio Grande do Norte*: folhas SB-25-Y-A e SB-25-V-C. Recife: DMPM/CPRM, 1974.
- BARRETO, A. M. F.; TATUMI, S. H.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, P. E.; AYTA, W. E. F. As dunas costeiras inativas do Rio Grande do Norte datadas por termoluminescência e implicações paleoambientais. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7., 1999. Porto Seguro. Resumo. Porto Seguro: ABEQUA, 1999. 1 CD-ROM.
- BARRETO, A. M. F., SUGUIO, K.; BEZERRA, F. H. R. Late Pleistocene marine terrace deposits in northeastern Brazil: sea-level change and tectonic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, v. 179, p. 57–69, 2001a.
- BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K.; ALMEIDA, J. A. C.; BEZERRA, F. H. R. A presença da icnoespécie *Ophiomorpha nodosa Lundgren* em rochas sedimentares pleistocênicas da costa norte-riograndense e suas implicações paleoambientais. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 3, p. 17 – 23, 2001b.
- BEZERRA, F. H. R.; LIMA-FILHO, F. P.; AMARAL, R. F.; CALDAS, L. H. O.; COSTA-NETO, L. X. Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: STEWART, I.; VITA-FINZI, C. (Eds.) *Coastal tectonics*. London, 1998. p. 279–293. (Geological Society London Special Publication, 146).
- BEZERRA, F. H. R.; VITA-FINZI, C. How active is a passive margin? Paleoseismicity in northeastern Brazil. *Geology*, v. 28, p. 591-594. 2000.
- BRANNER, J. C. The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations. *Bulletin. Museum Comparative Zoology. Geological Series 7*, v. 44, 1904.
- DNPM/UFRN. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. *Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Norte*. Rio Grande do Norte, DNPM/UFRN, 1998. 1 mapa. Escala 1:50.000.
- GIANNINI P. C. BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H. Idade TL e propriedades sedimentológicas na planície costeira do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 7., 2001. Imbé. *Anais...* Imbé: ABEQUA, 2001. p. 135 – 136.

- litoral Potiguar. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 17., 1997. Fortaleza. *Resumos Expandidos...* Fortaleza: SBG – Núcleo Nordeste, 1997. p 168–171.
- MELO, F. T. L. *Aspectos morfo-dinâmicos do Complexo Lagunar Nísia Floresta – Papeba-Guaraíras, região costeira sul e oriental do RN.* 2000. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- NOGUEIRA, A. M. B.; LIMA, M. S.; SALIM, J.; SÁ, J. M.; MANSO, V. A.V. Estudo das areias de dunas da faixa litorânea de Natal – Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 7., 1975. Fortaleza. *Boletim de Resumos...* Fortaleza: SBG-Núcleo Nordeste, 1975. p. 39.
- OLIVEIRA, M. I. M.; BAGNOLI, E.; FARIAS, C. C.; NOGUEIRA, A. M. B.; SANTIAGO, M. Considerações sobre a geometria, petrografia, sedimentologia, diagênese e idade dos beachrocks do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990. Natal. *Anais...* Natal: SBG, 1990. v.2, p. 621-634.
- PERRIN, P.; COSTA, M. I. P. As dunas litorâneas da região de Natal, RN. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL, 4., 1982. Rio de Janeiro. *Atas...* Rio de Janeiro: Cenpes-Petrobras, 1982. p. 291-304.
- SILVA, C. *Holocene stratigraphy and evolution of the Açu river delta, Rio Grande do Norte State, Brazil.* 1991. (PhD) Thesis - Duke University, Durham.
- SRIVASTAVA, N. K.; CORSINO, A. R. Os carbonatos de Touros (RN): petrografia e estratigrafia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 11., 1984. Natal. *Anais...* Natal: SBG-NE, 1984. p. 165 – 176.
- SILVEIRA, J. D. Morfologia do litoral. In: AZEVEDO, A. de (Ed.) *Brasil a terra e o homem.* São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1964. 305 p.
- SUGUIO, K.; BARRETO, A. M. F.; BEZERRA, F. H. R. Barra de Tabatinga and Touros Formations: evidence for pleistocene high sea level stillstands of the Rio Grande do Norte coast. *Pesquisa em Geociências*, Porto Alegre, v. 28, p. 5 – 12, 2001.
- TATUMI S. H.; COSTA, A. A.; BARRETO, A. M. F. Luminescência opticamente estimulada (LOE) de cristais de feldspato retirados de dunas costeiras do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 7., 1999. Porto Seguro. *Resumos Expandidos...* Porto Seguro: UFBA, 1999. 1 CD-ROM.
- YEE, M.; TATUMI, S. H.; BARRETO, A. M. F.; MOMOSE, E. F.; PAIVA, R. P.; MUNITA, C.S. Thermoluminescence (TL) dating of inactive dunes from the Rio Grande do Norte Coast, Brazil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PRAIAS ARENOSAS: MORFODINÂMICA, ECOLOGIA, USOS, RISCOS E GESTÃO. 2000. Itajaí. *Anais...* Santa Catarina: UNIVALI, 2000. p.143-144.