

| | | | | | |
|---------------------|-------|------|-------------|----------|--------------|
| Riv. Ital. Paleont. | v. 88 | n. 1 | pp. 133-160 | tav. 6-7 | Ottobre 1982 |
|---------------------|-------|------|-------------|----------|--------------|

SEDIMENTAZIONE PLEISTOCENICA DELL'ATLANTICO ORIENTALE FRA 30° E 10° LATITUDINE NORD E 37° E 13° LONGITUDINE OVEST

ELENA CAPOCCIA e DONATA VIOLANTI (1)

Key-words: Planktonic Foraminifera, dissolution facies, Quaternary, North Atlantic.

Abstract. Planktonic foraminiferal microfaunas contained in Pleistocene samples from 60 cores of the L-DGO collection, recovered during several VEMA cruises in the eastern North Atlantic Ocean are considered. Cores range in depth from -958 meters to -5755 meters. These samples have been divided into homogeneous groups according to location and bathymetry.

Three areas could be recognized with different sedimentological characters. 1) The northern area, between 30° and 21° latitude N, contains samples which are not very disturbed by displacement, so that dissolution of foraminiferal tests is directly correlated to depth. A comparison with the dissolution facies previously defined has been attempted for these samples, where the eolytic and the mesolytic facies can be distinguished, while the alytic facies is absent.

2) The area encompassing the Cape Verde-Madeira and Gambia abyssal plains includes samples from depths in excess of 5000 meters: the pleistolytic and the hololytic facies are represented here. E-W transects of progressively deeper cores point out the relation between depth and dissolution. SEM photographs of the sediment fraction greater than 63 microns document the various dissolution facies identified.

3) The southern area, ranging from 21° to 10° latitude N, is characterized by sediments in which the effects of volcanism, intense displacement and deep cold water upwelling coexist, especially near Cape Verde, with an increase of siliceous organisms. Dissolution is hidden by re-sedimentation, which seems to be one of the dominant aspects of this area.

Introduzione.

Il presente lavoro, che si inquadra in una ricerca svolta in collaborazione tra il Lamont Doherty Geological Observatory della Columbia University di New York e l'Istituto di Paleontologia dell'Università di Milano, costituisce il primo contributo di una serie riguardante le paleo-litofacies e le paleo-biofacies dei sedimenti nord-atlantici.

Scopo iniziale della ricerca era la ricostruzione di carte di paleo-litofacies e paleo-biofacies per la zona considerata, analoghe a quelle pubblicate da McCoy e Zimmermann (1977) per l'Atlantico meridionale e centro-occidentale.

Il materiale esaminato, proveniente dalla collezione L-DGO, comprende i sedimenti più profondi di sicura età pleistocenica. I campioni di età mio-pliocenica e quelli pleistocenici, situati al di sopra di 30° di Lat. N sono oggetto di altri studi, completati o in corso, presso il laboratorio di Micropaleontologia dell'Università di Milano.

Il materiale di questo lavoro, per posizione e batimetria, è particolarmente interessato dalla dissoluzione dei carbonati, che rappresenta quindi uno dei punti salienti dell'indagine.

(1). Istituto di Paleontologia dell'Università degli Studi di Milano, via Mangiagalli 34, 20133 Milano.

Materiali e metodi.

Lo studio è stato condotto su 60 carote, prelevate nel corso di 9 crociere (VEMA 10, VEMA 17, VEMA 19, VEMA 22, VEMA 23, VEMA 26, VEMA 27, VEMA 29, VEMA 30) effettuate nell'Atlantico nord-orientale tra $29^{\circ} 29,3'$ di Lat. N e $10^{\circ} 15'$ di Lat. N e $37^{\circ} 02'$ di Long. O e $16^{\circ} 36,8'$ di Long. O (Fig.1).

Le carote avevano una lunghezza compresa tra 35 e 2205 cm e sono state

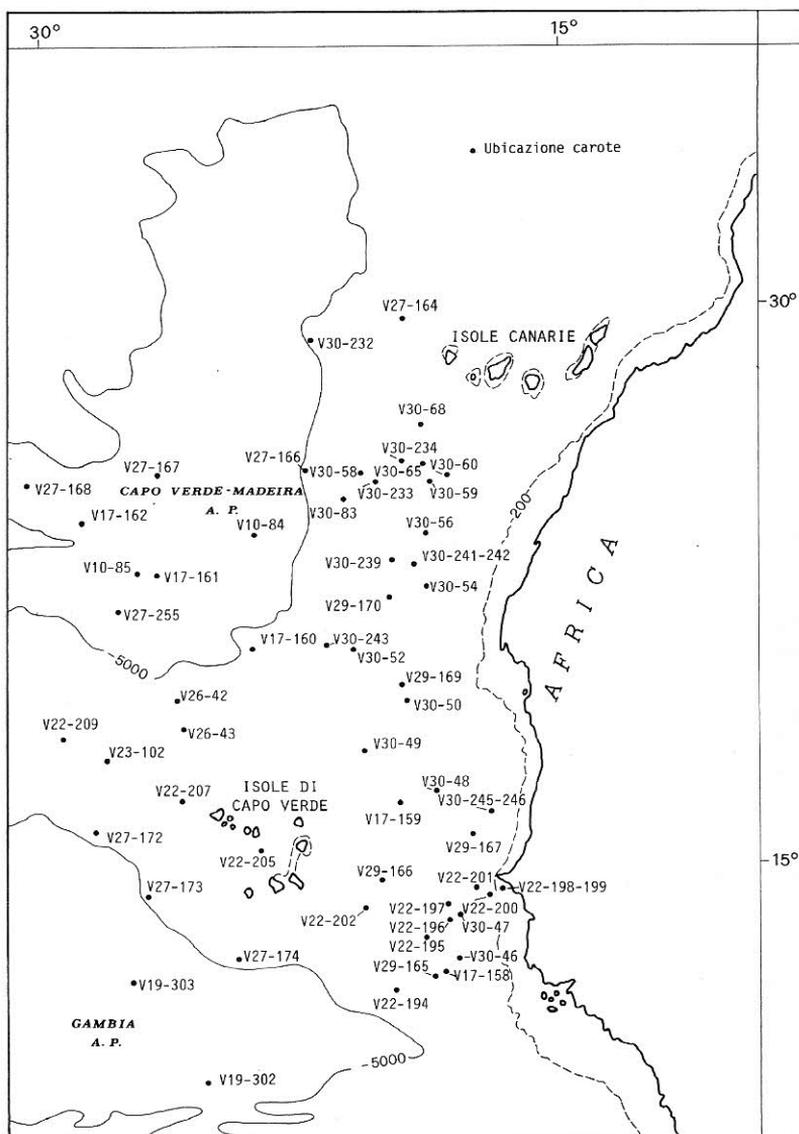


Fig. 1 – Ubicazione delle carote.

prelevate tra -958 m e -5755 m di profondità; le relazioni della loro frequenza con la profondità sono illustrate nell'istogramma di Fig. 2. Il maggior numero di carote è stato prelevato tra -3000 m e -5000 m (43), con una cifra massima di 14 tra -4500 e -5000 m; meno numerose sono le carote di profondità inferiore a -3000 m o superiore a -5000 m, rispettivamente 8 e 9. Queste ultime provengono dai due piani abissali di Capo Verde-Madeira e di Gambia, a sud-ovest delle isole di Capo Verde (Fig. 1), di Longitudine superiore a 24° O.

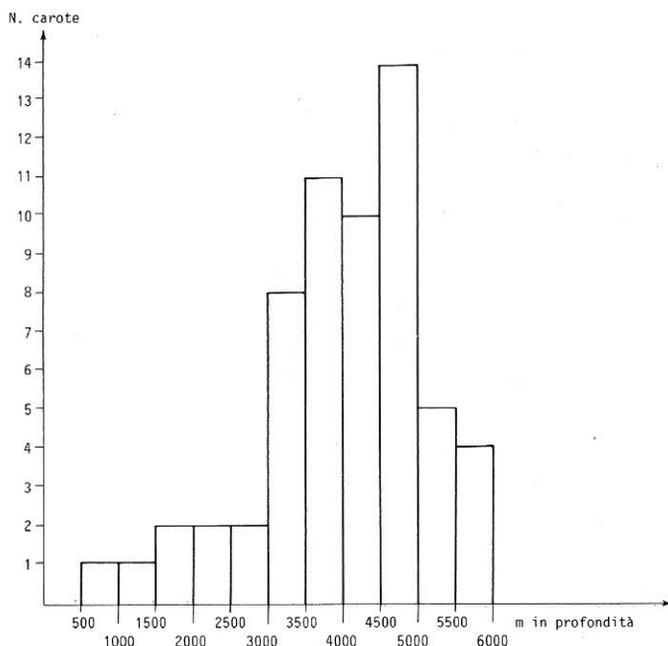


Fig. 2 — Iistogramma illustrante la frequenza delle carote per classi di profondità (classi di 500 m di dislivello).

In genere è stato esaminato un campione per carota, proveniente dalla base di esse; di 8 carote, però, i cui residui erano poco significativi o non fossiliferi, sono stati studiati più campioni.

I 73 campioni analizzati sono stati descritti in base al colore, utilizzando la Munsell Color Chart, e quindi lavati con acqua attraverso un setaccio con maglie di 63 micron per eliminare le forme più piccole e immature.

In seguito sono stati studiati dal punto di vista micropaleontologico, con particolare riguardo ai Foraminiferi planctonici, che rappresentano i fossili più abbondanti nella gran parte dei campioni.

L'età dei campioni esaminati è risultata pleistocenica; 9 sono stati attribuiti al Pleistocene inferiore, in base alla presenza di forme primitive di *Globo-*

rotalia truncatulinoides (d'Orbigny) o di specie quali *Globorotalia tosaensis* Takayanagi & Saito, associata a *Globorotalia crassaformis* (Galloway & Wissler).

La Tabella 1 fornisce: (a) coordinate e profondità di prelievo delle carote, elencate in funzione della latitudine da nord a sud e (b) posizione del campione (distanza dal top della carota).

Sono stati analizzati anche il tipo e la frequenza di frammentazione dei gusci, valutata a vista come percentuale di esemplari di Foraminiferi planctonici rotti sul residuo totale superiore a 63 micron. Si è pure considerata la prevalenza di una o più delle associazioni faunistiche secondo la definizione data da Imbrie e Kipp (1971): associazione tropicale, subtropicale, subpolare, polare, associazione ai margini di circuito. Queste associazioni sono identificabili sulla base della presenza di determinate specie, come risulta dalle considerazioni seguenti.

Associazione tropicale.

Le specie più caratteristiche sono *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) e *Globigerinoides sacculifer* (Brady), seguite da *Hastigerina siphonifera* (d'Orbigny), *Globorotalia menardii* (d'Orbigny), *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker & Jones), queste due ultime come elementi secondari.

Associazione subtropicale.

Le specie che la caratterizzano sono, in ordine di importanza decrescente: *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny), *Globigerina falconensis* (Blow), *Globorotalia inflata* (d'Orbigny) e *Globigerina calida* (Parker).

Associazione subpolare.

Globigerina pachyderma (Ehrenberg) con avvolgimento destrorso, *Globigerina bulloides* (d'Orbigny) e *Globigerinita glutinata* (Egger).

Associazione polare.

Globigerina pachyderma (Ehrenberg) con avvolgimento sinistrorso.

Associazione ai margini di circuito.

Predominano *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker & Jones) e *Globorotalia menardii* (d'Orbigny). Seguono *Globorotalia inflata* (d'Orbigny), *Globigerinoides sacculifer* (Brady) e *Globigerinoides tenellus* (Parker) di minore importanza.

Nella Fig. 3 sono elencate le specie planctoniche presenti nei singoli campioni; per ciascuna sono state valutate visualmente le frequenze relative, distinguendo tre classi, che sono state utilizzate per le analisi successive: forme rare (2–3%), forme mediamente rappresentate (< 20–30%) e forme molto abbondanti (≥ 30%). Sono stati inoltre considerati alcuni gruppi di specie importanti per il loro significato paleoclimatico.

Tab. 1 – Coordinate e profondità delle carote e dei campioni studiati.

| Carote | n° di campioni | latitudine | longitudine | profondità della carota | posizione del campione |
|----------|----------------|------------|-------------|-------------------------|------------------------|
| V 27-164 | 1 | 29°29.3' N | 16°36.8' W | 4623 m | 369 cm |
| V 30-232 | 1 | 28°13' N | 22°18' W | 4988 m | 1047 cm |
| V 30- 68 | 1 | 26°55' N | 19°08' W | 3841 m | 688 cm |
| V 30-234 | 1 | 26°00' N | 19°43' W | 3951 m | 1051 cm |
| V 27-167 | 2 | 25°56.2' N | 26°35.1' W | 5099 m | 1060 cm |
| | | | | | 951 - 950 cm |
| V 30- 65 | 1 | 25°55' N | 19°03' W | 3347 m | 635 cm |
| V 27-168 | 1 | 25°51.6' N | 30°19.2' W | 5526 m | 1035 cm |
| V 27-166 | 1 | 25°50.9' N | 22°42.9' W | 4945 m | 441 cm |
| V 30- 58 | 1 | 25°43' N | 20°53' W | 4492 m | 936 cm |
| V 30- 59 | 1 | 25°43' N | 19°31' W | 3760 m | 362 cm |
| V 30- 60 | 1 | 25°41' N | 18°27' W | 3177 m | 751 cm |
| V 30-233 | 1 | 25°27' N | 20°29' W | 4315 m | 785 cm |
| V 10- 83 | 1 | 25°13' N | 21°23' W | 4350 m | 625 cm |
| V 17-162 | 3 | 24°58' N | 28°56' W | 5480 m | 750 cm |
| | | | | | 430 cm |
| | | | | | 448 cm |
| V 10- 84 | 1 | 24°23.5' N | 24°03.5' W | 5255 m | 1193 cm |
| V 30- 56 | 1 | 24°07' N | 16°40' W | 3150 m | 943 cm |
| V 30-239 | 1 | 23°34' N | 20°04' W | 3901 m | 1011 cm |
| V 30-241 | 1 | 23°24' N | 37°02' W | 3702 m | 1070 cm |
| V 10- 85 | 1 | 23°22' N | 27°14' W | 5755 m | 660 cm |
| V 30-242 | 1 | 23°21' N | 19°28' W | 3605 m | 1144 cm |
| V 17-161 | 3 | 23°16' N | 26°43' W | 5320 m | 715 cm |
| | | | | | 710 cm |
| | | | | | 680 cm |
| V 30- 54 | 1 | 22°39' N | 19°12' W | 3506 m | 957 cm |
| V 27-255 | 1 | 22°36.1' N | 28°00.3' W | 5554 m | 946 cm |
| V 29-170 | 1 | 22°28' N | 20°04' W | 4455 m | 384 cm |
| V 30-243 | 1 | 21°24' N | 21°24' W | 4487 m | 35 cm |
| V 17-160 | 1 | 21°22' N | 24°02' W | 4861 m | 1130 cm |
| V 30- 52 | 1 | 21°14' N | 21°19' W | 4269 m | 914 cm |
| V 26- 42 | 1 | 20°04.9' N | 26°05.9' W | 4722 m | 275 cm |
| V 29-169 | 1 | 20°04' N | 20°00' W | 3508 m | 1005 cm |
| V 30- 50 | 1 | 19°52' N | 19°55' W | 3409 m | 810 cm |
| V 26- 43 | 1 | 19°17.3' N | 26°06.7' W | 4387 m | 2205 cm |
| V 22-209 | 1 | 19°01.5' N | 29°09' W | 4735 m | 1293 cm |
| V 23-102 | 1 | 18°33' N | 28°09' W | 4649 m | 1139 cm |
| V 30- 49 | 1 | 18°26' N | 21°05' W | 3093 m | 935 cm |
| V 22-207 | 1 | 17°16' N | 26°18' W | 3871 m | 446 - 447 cm |
| V 30- 48 | 1 | 17°07' N | 19°20' W | 3351 m | 486 cm |
| V 17-159 | 1 | 16°59' N | 20°03' W | 3404 m | 775 cm |
| V 30-245 | 1 | 16°32' N | 17°18' W | 2021 m | 613 cm |
| V 27-172 | 1 | 16°32' N | 28°51' W | 4938 m | 1138 cm |
| V 30-246 | 1 | 16°29' N | 17°19' W | 1992 m | 707 cm |
| V 29-167 | 1 | 16°22.9' N | 17°55.3' W | 2822 m | 790 cm |
| V 22-205 | 1 | 15°55' N | 24°14' W | 3823 m | 658 cm |
| V 29-166 | 1 | 14°58.5' N | 20°56.9' W | 4159 m | 1119 cm |
| V 27-173 | 1 | 14°56.7' N | 27°31' W | 4931 m | 428 cm |
| V 22-198 | 1 | 14°35' N | 17°39.5' W | 1082 m | 574 cm |
| V 22-199 | 1 | 14°34' N | 17°40.5' W | 958 m | 1011 cm |
| V 22-200 | 1 | 14°29.5' N | 17°47' W | 1595 m | 910 cm |
| V 22-202 | 1 | 14°22' N | 21°09' W | 4310 m | 1179 cm |
| V 22-201 | 1 | 14°22' N | 18°03' W | 2421 m | 1090 cm |
| V 22-197 | 1 | 14°10' N | 18°35' W | 3167 m | 1120 cm |
| V 30- 47 | 1 | 13°52' N | 18°36' W | 3451 m | 809 cm |
| V 22-196 | 1 | 13°50' N | 18°57.5' W | 3728 m | 1156 cm |
| V 22-195 | 2 | 13°25' N | 19°27' W | 4210 m | 1076 cm |
| | | | | | 978 - 980 cm |
| V 27-174 | 1 | 12°50' N | 25°00.4' W | 4912 m | 407 cm |
| V 19-303 | 3 | 12°47' N | 27°47' W | 5426 m | 1560 cm |
| | | | | | 1530 cm |
| | | | | | 1560 cm/base |
| V 30- 46 | 2 | 12°26' N | 18°05' W | 3378 m | 953 cm |
| | | | | | 850 cm |
| V 17-458 | 3 | 12°23' N | 18°55' W | 4358 m | 910 cm |
| | | | | | 910 cm/base |
| | | | | | 890 cm |
| V 29-165 | 1 | 12°03' N | 19°30' W | 4688 m | 1409 cm |
| V 22-194 | 1 | 11°40' N | 20°19' W | 4903 m | 1004 cm |
| V 19-302 | 3 | 10°15' N | 25°22' W | 5583 m | 1037 cm |
| | | | | | 1000 cm |
| | | | | | 1030 cm/base |

a) indicatori di acque fredde:

Globigerina pachyderma (Ehrenberg)

Globigerina quinqueloba (Natland)

Globigerina bulloides (d'Orbigny)

Globigerinita glutinata (Egger)

Globorotalia scitula (Brady)

b) indicatori di acque temperate:

Globorotalia inflata (d'Orbigny)

c) indicatori di acque calde:

Orbulina universa (d'Orbigny)

Hastigerina siphonifera (d'Orbigny)

Globigerinoides ruber (d'Orbigny)

Globorotalia truncatulinoides (d'Orbigny)

In base alla prevalenza di uno o più di questi gruppi è stato possibile ottenere un quadro climatico per ogni campione, riportato nella Fig. 4 (4^a colonna). Da questa si può osservare che la distribuzione delle faune planctoniche, prevalentemente di tipo caldo e temperato-caldo, non dipende dalla latitudine, in quanto non varia procedendo da nord a sud, ma da ovest ad est. Essa è pertanto condizionata da altri fattori, piuttosto che da quelli climatici, quali la dissoluzione in profondità e la presenza di correnti di risalita, che portano in zone più superficiali le acque fredde profonde, insieme con le specie tipiche di temperature più basse.

Nella stessa Fig. 4 sono riportati anche i diversi componenti biogenici ed inorganici e le caratteristiche del grado di dissoluzione, che verranno meglio discusse in seguito. Un numero notevole di campioni esaminati è infatti affetto da dissoluzione dei carbonati, che si manifesta con frammentazione, alleggerimento dei gusci e impoverimento della fauna. Tali fenomeni diventano sempre più marcati man mano che aumenta la profondità, anche se talvolta la reale dissoluzione è mascherata dalla rideposizione dei sedimenti e da apporti vulcanici. L'andamento della dissoluzione rispetto alla profondità è già stato ampiamente studiato da numerosi autori, sia con analisi qualitative che quantitative.

Un metodo qualitativo è stato proposto, ad esempio, da Berger (1968) con l' "indice di dissoluzione"; altri autori hanno invece usato metodologie quantitative: Diester-Haass (1977) e Sarnthein (1971 e 1978) hanno utilizzato la percentuale dei gusci interi rispetto a quelli rotti; Shackleton e Opdyke (1976) hanno definito un "indice di dissoluzione" in base al peso della frazione superiore a 180 micron; Cita e Spezzi Bottiani (1979) hanno usato la "dissolution measure", data dalla differenza in percentuale-peso tra la frazione A (superiore a 200 micron) e la frazione B (compresa tra 93 e 200 micron).

Violanti et al. (1979), basandosi anche su metodologie definite da Cita (1971), hanno proseguito il lavoro di definizione quantitativa delle facies di dissoluzione proposte da Hsü e Andrews (1970), su campioni provenienti da pozzi dei Leg II e III DSDP dell'Atlantico. Hanno così definito sei facies di dissoluzione (in ordine di dissoluzione crescente) — alitica, eolitica, oligolitica, mesolitica, pleistolitica e ololitica — in base alle percentuali di carbonato di calcio, alle percentuali granulometriche e del rapporto plancton/benthos (P/B), indicati nella Tabella 2; l'entità della frammentazione è stata ottenuta calcolan-

do la percentuale di esemplari intatti di dimensioni superiori a 100 micron in rapporto al residuo totale superiore a 63 micron. Si possono pure calcolare le profondità a cui si dovrebbero rinvenire le singole facies accettando le relazioni tra facies di dissoluzione e livello di compensazione dei carbonati proposte da Hsü e Andrews (op. cit.) e considerando la CCD posta per l'Atlantico a -5000 m (od anche meno profonda vicino alla costa):

| | |
|-----------------|-----------------------|
| Facies alitica | sopra i -3500 m |
| " eolitica | tra -3500 m e -4500 m |
| " oligolitica | tra -4500 m e -4800 m |
| " mesolitica | tra -4800 m e -5000 m |
| " pleistolitica | prossima a -5000 m |
| " ololitica | sotto i -5000 m |

La distinzione di queste facies è stata compiuta su basi quantitative; il metodo è quindi differente da quello qualitativo seguito nel presente lavoro; tuttavia, sia per l'area di provenienza simile di alcuni campioni, sia per la problematica comune emersa durante l'analisi, è stato tentato un confronto, almeno a titolo orientativo, tra i diversi gradi di dissoluzione dei campioni della VEMA e le facies definite da Violanti et al. (1979).

A questo scopo sono stati utilizzati soprattutto il rapporto plancton/benthos (P/B) e la stima di frammentazione dei gusci; bisogna però tener presente che i valori di quest'ultima risultano più elevati di quelli di riferimento, non tanto per il diverso metodo seguito, quanto per la differente base granulometrica su cui sono stati calcolati.

Tab. 2 — Parametri significativi per la definizione delle facies di dissoluzione (da Violanti et al., 1979).

| Facies | Materiale terrigeno % | CaCO ₃ % | Frazione > 63 μ | % G. interi fra $\frac{> 100\mu}{> 63\mu}$ | % P/B |
|---------------|-----------------------|--|-----------------|--|-----------|
| Alitica | | | teorica | | |
| Eolitica | 10% | 90% | > 6% | > 10% | > 98% |
| Oligolitica | 30% | 70% | < 6% | > 10% | 94-98% |
| Mesolitica | 30-70% | 70-30% | < 1% | < 10% | < 40% |
| Pleistolitica | 70% | 30% | < 1% | < 10% | variabile |
| Ololitica | | argille rosse abissali, prive di CaCO ₃ | | | |

| CAROTA | PROFONDITÀ DEL CAMPIONE dal top | CLASSE DI PROFONDITÀ | INTERPRETAZIONE CLIMATICA DELLA FAUNA | SPECIE CARATTER. | | | | VETRO VULCANICO | BENTHOS | ORGANISMI SILICEI | DENTI DI PESCE | MICRONODULI DI Mn | RIMANEGGIATO | GRADO DI DISSOLUZIONE | TIPO DI FACIES |
|----------|------------------------------------|----------------------|---|--------------------------|------------------------------|--------------|--------------|-----------------|---------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|--------------------------|----------------|
| | | | | GLOBOROTALIE CARENATE | GLOBOROTALIE NON CARENATE | PULLIENATINA | OBOLIUCULATA | | | | | | | | |
| V 27-164 | 369 cm | ○ | temperata | | • | | | • | | | | | — | | |
| V 30-232 | 1047 cm | ○ | calda | R | • | • | | | | | | | △ | | |
| V 30-68 | 688 cm | □ | calda | • | • | • | | | | | | | — | trasportata | |
| V 30-234 | 1051 cm | ● | calda | R | • | | | | | | | • | ▲ | oligolitica/trasportata | |
| V 27-167 | 1060 cm | ★ | | | | | | • | | • | • | | * | ololitica a noduli di Mn | |
| " " " | 950-951 cm | ★ | | R | | | | | | • | • | | * | ololitica a noduli di Mn | |
| V 30-65 | 635 cm | □ | calda | • | • | R | | • | | | | | △ | colitica | |
| V 27-168 | 1035 cm | ★ | | | | | | • | | • | • | | * | ololitica a noduli di Mn | |
| V 27-166 | 441 cm | ○ | calda | • | • | | | | | | | | △ | | |
| V 30-58 | 936 cm | ○ | temperata | • | • | • | | • | | | | | ▲ | oligolitica | |
| V 30-59 | 362 cm | □ | temperata | • | • | | | • | | | | • | — | trasportata | |
| V 30-60 | 751 cm | □ | temperata | A | • | | | • | | | | | △ | colitica | |
| V 30-233 | 785 cm | ● | temperata/fredda | R | • | | | • | | | | • | ▲ | oligolitica/trasportata | |
| V 10-83 | 625 cm | ○ | calda | | • | • | | • | | | | • | ▲ | oligolitica/trasportata | |
| V 17-162 | 750 cm | ★ | | | | | | | | • | | | * | ololitica | |
| " " " | 430 cm | ★ | | | | | | | | • | | | * | ololitica | |
| " " " | 448 cm | ★ | | | | | | | | • | | | * | ololitica | |
| V 10-84 | 1193 cm | ★ | calda | | • | A | | | | | | • | — | | |
| V 30-56 | 943 cm | □ | temperata/calda | • | • | | | | | | | | △ | colitica | |
| V 30-239 | 1011 cm | □ | calda | A | • | | | • | | | | | ▲ | colitica/oligolitica | |
| V 30-241 | 1070 cm | □ | temperata/calda | • | • | | | • | | | | | △ | colitica | |
| V 10-85 | 660 cm | ★ | | | | | | • | | | | • | △ | | |
| V 30-242 | 1144 cm | □ | temperata/calda | • | • | R | | | | | | | △ | colitica | |
| V 17-161 | 715 cm | ★ | | | | | | • | | | | | * | ololitica | |
| " " " | 710 cm | ★ | | | | | | | | • | | | * | ololitica | |
| " " " | 680 cm | ★ | | | | | | • | | | | | * | ololitica | |
| V 30-54 | 957 cm | □ | temperata | R | • | • | | • | | | | | ▲ | | |
| V 27-255 | 946 cm | ★ | | | | | | F | | • | | | * | ololitica | |
| V 29-170 | 384 cm | ● | calda | | • | • | | • | | | | | △ | | |
| V 30-243 | 35 cm | ○ | calda | A | • | • | | | | | | • | △ | | |
| V 17-160 | 1130 cm | ○ | calda | | • | • | | | | | | | ▲ | oligolitica/trasportata | |
| V 30-52 | 914 cm | ● | calda | • | • | R | | • | | | | | — | | |
| V 26-42 | 275 cm | ○ | calda | | • | | | • | | | | • | △ | trasportata | |
| V 29-169 | 1005 cm | □ | temperata/fredda | | • | | | U/B | • | | | • | — | | |
| V 30-50 | 810 cm | □ | temperata/fredda | | • | | | • | • | | | • | △ | | |
| V 26-43 | 2205 cm | ● | calda | | • | | | | | | | • | △ | trasportata | |

| | | |
|-----------------------------|--|------------------------------|
| CLASSI DI PROFONDITÀ | FREQUENZE | GRADO DI DISSOLUZIONE |
| ■ <-3500 m | • Presente | — Dissoluzione assente |
| □ -3500/-4000 m | R Forme rare | △ Dissoluzione incipiente |
| ● -4000/-4500 m | A Forme abbondanti | ▲ Dissoluzione marcata |
| ○ -4500/-5000 m | F Benthos prevalente o molto abbondante | * Dissoluzione totale |
| ★ >-5000 m | B Bolivine | |
| | U Uvigerine | |

Fig. 4 – Tavola riassuntiva delle classi di profondità, dell'interpretazione climatica delle associazioni delle facies per i singoli campioni.

| CAROTA | PROFONDITA' DEL CAMPIONE dal top | CLASSE DI PROFONDITA' | INTERPRETAZIONE CLIMATICA DELLA FAUNA | SPECIE CARATTER. | | | | VETRO VULCANICO | BENTHOS | ORGANISMI SILICEI | DENTI DI PESCE | MICRONODULI DI Mn | RIMANEGGIATO | GRADO DI DISSOLUZIONE | TIPO DI FACIES |
|----------|-------------------------------------|-----------------------|---|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|-----------------|---------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|--------------------------|----------------|
| | | | | GLOBOROTALIE CARENATE | GLOBOROTALIE NON CARENATE | PULLENIATINA OBLIQUICOLATA | | | | | | | | | |
| V 22-209 | 1263 cm | ○ | calda | A | ● | ● | | | | | | ● | — | trasportata | |
| V 23-102 | 1139 cm | ○ | calda | A | ● | ● | | | | | | ● | — | trasportata | |
| V 30-49 | 935 cm | □ | calda | A | ● | ● | | ● | | | | ● | ▲ | | |
| V 22-207 | 446-447 cm | □ | calda | A | ● | ● | ● | | | | | ● | △ | trasportata | |
| V 30-48 | 486 cm | □ | temperata/calda | R | ● | ● | ● | | ● | | | ● | — | quarzo eolico | |
| V 17-159 | 771 cm | □ | calda | ● | ● | ● | | ● | | | | ● | △ | | |
| V 30-245 | 613 cm | ■ | | | | | | B | | | | ● | — | | |
| V 27-172 | 1138 cm | ○ | temperata/fredda | ● | ● | ● | | ● | ● | | | ● | ▲ | | |
| V 30-246 | 707 cm | ■ | fredda | | | | | ● | ● | | | ● | — | | |
| V 29-167 | 760 cm | ■ | temperata/fredda | R | ● | ● | | ● | ● | | | ● | — | | |
| V 22-205 | 658 cm | □ | calda | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | — | | |
| V 29-166 | 1113 cm | ● | calda | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | ▲ | oligolitica | |
| V 27-173 | 428 cm | ○ | calda | A | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| V 22-198 | 574 cm | ■ | temperata/fredda | R | ● | ● | | B | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| V 22-199 | 1011 cm | ■ | calda | ● | ● | ● | | B | ● | | | ● | — | | |
| V 22-200 | 910 cm | ■ | temperata/calda | ● | ● | ● | | B | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| V 22-202 | 1179 cm | ● | calda | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | △ | | |
| V 22-201 | 1090 cm | ■ | calda | ● | ● | ● | | ● | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| V 22-197 | 1120 cm | □ | temperata | R | ● | ● | | ● | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| V 30-47 | 809 cm | □ | temperata/calda | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| V 22-196 | 1156 cm | □ | temperata | ● | ● | ● | | ● | ● | | | ● | — | | |
| V 22-195 | 1076 cm | ● | | | | | | ● | ● | | | ● | | | |
| " " " | 978-980 cm | ● | | | | | | ● | ● | | | ● | △ | | |
| V 27-174 | 407 cm | ○ | calda | A | ● | ● | ● | | ● | | | ● | ▲ | | |
| V 19-303 | 1530 cm | ★ | | | | | | | | | | ● | ▲ | pleistolitica | |
| " " " | 1560 cm | ★ | | | | | | | | | | ● | ▲ | pleistolitica | |
| " " " | 1560 cm/base | ★ | | | | | | | | | | ● | ▲ | pleistolitica | |
| V 30-46 | 953 cm | □ | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| " " " | 850 cm | □ | | A | ● | ● | ● | ● | ● | | | ● | ▲ | trasportata | |
| V 17-158 | 910 cm | ● | | | | | | | ● | | | ● | | | |
| " " " | 910 cm/base | ● | | | | | | | | | | ● | | | |
| " " " | 890 cm | ● | | ● | | | | | ● | | | ● | | | |
| V 29-165 | 1409 cm | ○ | | | | | | | | | | ● | | | |
| V 22-194 | 1004 cm | ○ | | A | | | | ● | ● | | | ● | | quarzo eolico | |
| V 19-302 | 1037 cm | ★ | | | | | | | ● | | | ● | * | ololitica | |
| " " " | 1000 cm | ★ | | | | | | | | | | ● | * | ololitica | |
| " " " | 1030 cm | ★ | | | | | | | ● | | | ● | * | ololitica | |

CLASSI DI PROFONDITA'

- < -3500 m
- -3500/-4000 m
- -4000/-4500 m
- -4500/-5000 m
- ★ > -5000 m

FREQUENZE

- Presente
- R Forme rare
- A Forme abbondanti
- F Benthos prevalente o molto abbondante
- B Bolivine
- U Uvigerine

GRADO DI DISSOLUZIONE

- Dissoluzione assente
- △ Dissoluzione incipiente
- ▲ Dissoluzione marcata
- * Dissoluzione totale

planctoniche, dei componenti organici e inorganici, del grado di dissoluzione e della definizione

Come si può vedere dalla Fig. 4 il quadro offerto dall'insieme dei campioni è estremamente vario e complesso: tuttavia un confronto con la loro posizione e con la batimetria ha condotto ad individuare aree in cui i gruppi di campioni erano più omogenei, come verrà discusso in seguito separatamente, e a delineare transetti colleganti carote con profondità progressivamente maggiori.

Area compresa tra 30° e 21° circa di Latitudine Nord.

Questa area è situata in Atlantico a sud delle isole Canarie, tra il continente africano ed il piano abissale di Capo Verde—Madeira. I campioni esaminati provengono da profondità comprese tra -5000 m e -2800 m circa.

I sedimenti biogeni, per lo più abbondanti, sono dapprima intatti e poi progressivamente alterati dalla dissoluzione, a mano a mano che aumenta la profondità. Il materiale vulcanico è raro ed è presente solo in V 27-164 (4623 m) prelevato a nord-ovest delle Canarie; anche il rimaneggiamento è evidente solo in V 30-54 (3506 m) per la presenza di bentonici (*Uvigerina*) di profondità relativamente più bassa e in V 30-243 (4487 m) per gli abbondanti gusci planctonici non intaccati dalla dissoluzione e per la presenza di granuli arrotondati di quarzo. E' stato quindi possibile studiare l'andamento della dissoluzione su gruppi di campioni abbastanza ben differenziati anche in base alla profondità e operare correlazioni con le facies già definite.

a) Primi gradi di dissoluzione. I campioni delle carote V 30-56 (3150 m), V 30-60 (3177 m), V 30-65 (3347 m), V 30-241 (3702 m), V 30-242 (3605 m) hanno un elevato contenuto in carbonati biogeni, con prevalenza sempre di forme planctoniche su quelle bentoniche e con un rapporto plancton/benthos decisamente superiore al 98% (approssimativamente stimabile anche a vista, considerando che 5,6 bentonici su un totale di circa 300 individui corrispondono ad un rapporto P/B del 98%). La percentuale di gusci frammentari è stata stimata attorno al 10-20% del totale (quindi la percentuale dei gusci interi è maggiore del 10%) e rientra, anche se valutata con criteri diversi, insieme alla percentuale del rapporto P/B, nei valori utilizzati per definire quantitativamente la facies eolitica. Il numero di specie planctoniche oscilla tra 22 e 24; la fauna è temperato-calda o temperata e sono ben rappresentate soprattutto le associazioni subtropicali; solo il campione V 30-60 si differenzia da questo punto di vista: la fauna è temperata, con associazioni subpolari e subtropicali, il residuo è scarso, con rari Radiolari. Poichè il campione è estremamente vicino ad altri con faune più calde ed abbondanti, le differenze non sembrano dovute alla posizione geografica o a correnti più fredde; sembrano invece più facilmente riferibili a fasi climatiche differenti, che non è stato possibile identificare, avendo a disposizione un solo campione per carota.

b) Dissoluzione marcata. La frammentazione dei gusci, notevole in numerosi campioni, non sembra causata esclusivamente dalla dissoluzione dei carbonati. E' apparso infatti evidente, durante l'analisi delle faune, che alcuni particolari aspetti sono determinati, almeno in parte, da risedimentazione, generalmente più intensa sulle scarpate situate tra la piattaforma continentale ed i bacini abissali. I campioni non toccati da questi processi e che sembrano indicativi di forte dissoluzione dei carbonati sono V 10-83 (4350 m), V 17-160 (4861 m), V 30-58 (4492 m), V 30-233 (4315 m), V 30-234 (3951 m), V 30-239 (3901 m). Il più rappresentativo è V 30-58: in questo campione il residuo è abbastanza scarso, carbonatico e costituito da Foraminiferi per lo più planctonici, indicativi di fauna temperata con l'associazione tropicale dominante. Il numero di specie planctoniche presenti (22) non si differenzia da quello dei campioni precedenti. I frammenti sono molto abbondanti, approssimativamente si aggirano intorno al 50% del totale e appartengono ad individui di tutte le dimensioni. Il rapporto P/B, calcolato in modo semiquantitativo, si aggira intorno al 94%. Il residuo sembra testimoniare un grado di dissoluzione riferibile alla facies oligolitica o forse anche ad uno stadio intermedio tra questa e la facies mesolitica più avanzata.

Area dei bacini abissali.

I campioni provengono dai due bacini abissali di Capo Verde-Madeira e di Gambia, da profondità superiori a -5000 m e si differenziano nettamente da tutti gli altri. Il contenuto in carbonati è irrilevante o nullo, dato che sono per lo più privi di fossili calcarei; possono contenere invece minerali vari (quarzo, manganese, ossidi di ferro, frammenti di vetro o ceneri vulcaniche, ecc.). Alcuni campioni sono molto ricchi in micronoduli di manganese, di dimensioni comprese tra 0,1 e 0,2 mm; in particolare i campioni V 27-167 (5099 m), V 27-168 (5526 m), V 19-302 (5583 m). Altri campioni - delle carote V 17-161 (5320 m), V 17-162 (5480 m), V 27-167 (5099 m) e V 27-255 (5554 m) - sono caratterizzati dalla presenza di denti di Pesce, accompagnati talvolta da rari frammenti di Foraminiferi, anche ritrasportati. I sedimenti sono stati sottoposti ad una dissoluzione pressochè totale, in accordo con la loro profondità di deposizione, al di sotto della CCD. Possiedono quindi caratteristiche confrontabili con quelle della facies oolitica, a cui sono riferite le argille rosse abissali, praticamente prive di carbonato di calcio.

Un solo campione, V 19-303 (5426 m), situato nel piano abissale di Gambia, presenta una componente organogena più abbondante, costituita prevalentemente da frammenti di gusci di Foraminiferi planctonici e da gusci interi di *Sphaeroidinella dehiscens*. Questa specie si è sempre dimostrata molto resistente (Berger, 1968; Violanti et al., 1979); anche in presenza di dissoluzione molto forte i gusci possono rimanere interi, con la perdita del solo strato corticale

esterno. Il campione V 19-303 potrebbe quindi essere correlato con la facies pleistolitica, che può essere distinta dalla oolitica proprio per la presenza di un certo quantitativo di carbonato di calcio (Tav. 6 e 7).

Area compresa tra 21° e 10° di Latitudine Nord.

Tutta l'area risente in vario grado di fenomeni connessi con la risalita verso la superficie, in prossimità della costa africana, di masse d'acqua più fredde e ricche di nutrienti rispetto alle acque circostanti e con la loro diffusione verso ovest. A questo si aggiunge la presenza di materiale vulcanico, più abbondante in prossimità dei centri eruttivi delle isole di Capo Verde, ma presente anche in carote relativamente distanti.

Direttamente legata alla maggiore disponibilità in silice, riportata in circolo dalle correnti risalenti, è la presenza di organismi silicei, soprattutto Radiolari e secondariamente spicole di Spugne. Sono frequenti nei campioni V 22-198 (1082 m), V 22-199 (958 m), V 30-246 (1992 m), V 30-48 (3351 m) vicini alla costa e nei campioni V 29-169 (3508 m) e V 30-50 (3409 m) spostati più al largo e verso nord rispetto ai precedenti; il campione più meridionale, V 27-174 (4912 m), è ubicato al limite del piano abissale di Gambia. Altri campioni della stessa area, V 27-172 e 173 (rispettivamente 4938 m e 4931 m), V 22-194 (4903 m), V 17-158 (4358 m), hanno fornito sole spicole silicee.

L'area considerata rientra nella zona ad elevate percentuali di Radiolari, ben conservati sia nei sedimenti superficiali (Goll & Bjørklund, 1971), sia nella zona di risalita e di divergenza equatoriale (Sverdrup, Johnson & Fleming, 1942).

Nell'area di più forte risalita, tra il Capo Verde e le isole omonime, il trasporto e la risedimentazione di materiali sono particolarmente marcati. Il materiale terrigeno è abbondante, accompagnato da Foraminiferi bentonici di bassa profondità, da frammenti di Molluschi ed Echinidi e da gusci di Foraminiferi planctonici dalla diversa colorazione e conservazione.

Le profondità di prelievo si collegano difficilmente con le notevoli quantità di residuo carbonatico. Gli esemplari interi ed i frammenti sono selezionati secondo la granulometria: indipendentemente dalla resistenza delle singole specie alla dissoluzione, possono essere rotti solo gli esemplari più piccoli oppure quelli più grandi, in percentuali che non si riscontrano nelle tipiche facies di dissoluzione.

In alcuni campioni, come V 22-197 (3167 m), V 22-201 (2421 m), V 30-46 (3378 m), V 30-47 (3451 m), V 27-173 (4931 m), i gusci di maggiori dimensioni e particolarmente quelli di Globorotalie carenate sono per lo più in frammenti: in questi casi l'influenza della dissoluzione è scartata o per lo meno ritenuta non determinante, sia perchè le pareti non si sono assottigliate sia perchè altre forme più sensibili alla dissoluzione si mantengono intatte. La stessa provenienza topografica dei campioni, dalle scarpate continentali e dai

pendii alla base delle scarpate, sembra convalidare l'ipotesi di un attivo trasporto di materiale verso profondità maggiori.

Altra caratteristica dell'area è il frequente apporto vulcanico, spesso associato alle faune ridepositate, che aumenta la percentuale di materiale non carbonatico. Questo aspetto era già stato rilevato nei campioni pleistocenici dei Pozzi 12C e 12D (Leg II DSDP). In questi ultimi infatti il segnale di forte dissoluzione, dovuto all'alta percentuale di materiale non carbonatico, era contraddetto dai valori relativi alle granulometrie, al rapporto P/B e al rapporto tra esemplari interi e residuo totale; tutti questi elementi tendevano a far attribuire i campioni alla facies oligolitica e non a quella mesolitica (Violanti et al., 1979).

I campioni V 22-194 (4903 m) e V 30-48 (3351 m), distanti rispettivamente 300 km e 500 km circa dalla costa, contengono anche granuli di quarzo arrotondati e smerigliati provenienti secondo Sarnthein (1978) dal deserto del Sahara; questi granuli sarebbero stati trasportati al largo dal vento che soffia da est verso ovest e depositati sulla piattaforma e sulla scarpata continentale ed in seguito ridistribuiti ad opera delle correnti di torbidità attive lungo i canyons. Si sarebbero formati in questo modo i depositi detti "eolianiti".

Un discorso a parte va fatto per alcuni campioni provenienti dalle varie aree considerate, nei quali sembrano essersi sommati gli effetti della dissoluzione e quelli della rideposizione, rendendo più problematica l'analisi.

I campioni V 30-68 (3841 m) e V 30-59 (3760 m) dell'area settentrionale, V 22-207 (3871 m), V 22-209 (4735 m), V 23-102 (4649 m), V 26-42 (4722 m) e V 26-43 (4387 m) dell'area meridionale, hanno un residuo biogenico abbondante con una percentuale trascurabile o bassissima di gusci in frammenti, un rapporto P/B nettamente superiore al 98%, spesso prossimo al 100% ed un elevato numero di specie planctoniche (da un minimo di 23 ad un massimo di 28). La fauna è prevalentemente di tipo caldo e sono ben rappresentate le associazioni tropicale, subtropicale e di margini di circuito. Apparentemente il rimaneggiamento sembra assente o scarso (rari gusci abrasivi di *Uvigerina* in V 30-59).

L'aspetto non dissolto di questi campioni, che sembrerebbe correlabile con la facies teorica alitica, appare tuttavia in contrasto con le profondità di prelievo, nelle quali si dovrebbero trovare facies di dissoluzione più avanzate. La conservazione dei carbonati sembrerebbe piuttosto dovuta al rapido seppellimento dei gusci, accumulati da torbide, la cui presenza sarebbe testimoniata dal guscio abrasivo dei Foraminiferi bentonici.

In altri campioni la risedimentazione è stata accompagnata da rottura dei gusci: V 10-83 (4350 m), V 17-160 (4861 m), V 30-233 (4315 m) della area settentrionale presentano infatti un'alta percentuale di frammenti, che derivano soprattutto dagli esemplari di dimensioni maggiori. La quantità di residuo è in genere abbondante, tranne che in V 30-233, in cui inoltre la fauna

è temperato-fredda, a differenza degli altri campioni in cui è indicativa di condizioni calde. In tutti il plancton è prevalente sul benthos.

Questi residui mostrano una dissoluzione più marcata dei precedenti; a questa si associa la frammentazione per trasporto spiegabile in base alla provenienza dei campioni. Essi sono localizzati lungo le scarpate prossime alla piana abissale di Capo Verde-Madeira, dove lo scivolamento dei sedimenti e la formazione di torbide è estremamente probabile.

Nelle Tavole 6 e 7 sono illustrati i residui di lavaggio con faune variamente dissolte, provenienti sia dall'area compresa tra 21° e 10° di Lat.N, sia da quella compresa tra 30° e 21° di Lat.N. Sicuramente significativi di forte dissoluzione sembrano essere solo i casi in cui sia gli individui di piccole che di grandi dimensioni sono ridotti in frantumi, dato che i campioni relativi sono stati sempre prelevati oltre i -4000 m: V 29-166 (4159 m) e V 30-58 (4492 m). Le altre indicazioni (forme piccole in frantumi e grosse intatte, forme grosse in frantumi e piccole intatte) possono essere il risultato tanto della dissoluzione quanto della frammentazione meccanica, la cui importanza relativa è difficilmente valutabile e varia notevolmente da residuo a residuo. Infatti la prima indicazione si rinviene nei campioni prelevati da profondità di poco superiori a -3000 m fino ad oltre -4000 m; la seconda si riscontra in campioni provenienti da profondità di circa -1100 m, in prossimità della costa, fino ad oltre -4000 m.

Transetti.

Allo scopo di evidenziare meglio le relazioni che intercorrono tra dissoluzione dei carbonati e profondità e di chiarire i riferimenti alle facies di dissoluzione definite quantitativamente, sono stati individuati due possibili transetti ad andamento est-ovest, che collegano carote di profondità progressivamente crescenti (Fig. 5).

1° Transetto

| | | | | | | |
|----------|----------|----------|--------------|--------|-------------|--------|
| V 30-59 | 25° 43'N | 19° 31'W | Prof. carota | 3760 m | Prof. camp. | 362 cm |
| V 30-233 | 25° 27'N | 20° 29'W | " " | 4315 m | " " | 785 cm |
| V 10-83 | 25° 13'N | 21° 23'W | " " | 4350 m | " " | 625 cm |
| V 17-162 | 24° 58'N | 28° 56'W | " " | 5480 m | " " | 430 cm |
| V 17-162 | " | " | " " | " | " " | 448 cm |
| V 17-162 | " | " | " " | " | " " | 750 cm |

Il campione V 30-59 ha un residuo abbondantissimo, organogeno, con percentuale di frammenti praticamente nulla e con forme bentoniche molto rare. Come già discusso precedentemente, sembra influenzato dalla risedimentazione: potrebbe quindi essere correlato con la facies eolitica, piuttosto che con quella alitica, definita come priva di dissoluzione.

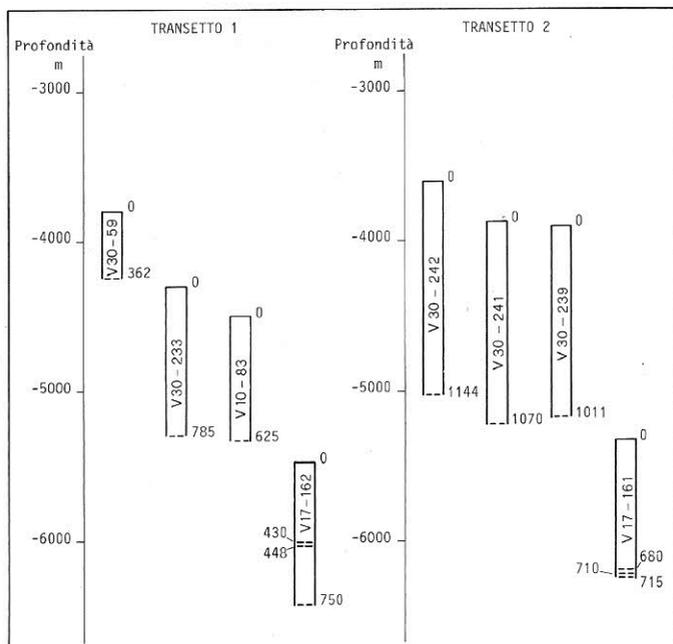


Fig. 5 — Ubicazione secondo la profondità delle carote considerate nella ricostruzione dei transetti relativi all'area settentrionale e al bacino abissale di Capo Verde-Madeira.

Nota: la scala relativa all'ubicazione dei campioni nelle singole carote è in centimetri.

Il campione V 30-233 ha un residuo scarso, con ossidi di ferro; i frammenti sono abbondanti, soprattutto per le forme di maggiori dimensioni, il rapporto P/B è superiore al 98%. A differenza degli altri campioni dei due transetti, contenenti faune calde, esso conserva una fauna temperato-fredda con associazione subpolare. E' possibile quindi riferirlo ad uno stadio più avanzato della facies eolitica.

Il campione V 10-83 ha un residuo abbondante, organogeno, con ossidi di ferro; i frammenti, molto abbondanti, appartengono anche in questo campione alle forme più grandi. Corrisponde probabilmente ad uno stadio di dissoluzione più avanzato del campione precedente, intermedio fra la facies eolitica e quella oligolitica. Come già discusso prima, la frammentazione sarebbe in parte dovuta a rottura meccanica.

I tre campioni prelevati dalla carota V 17-162 hanno restituito un residuo scarsissimo, praticamente privo di carbonati. Sono presenti ossidi di ferro, granuli di quarzo, denti di Pesce. In un solo campione sono stati rinvenuti un Foraminifero bentonico, identificato con *Angulogerina angulosa* ed un plancto-

nico, determinato come *Globigerina* sp., mentre gli altri sono sterili. Possono rappresentare quindi la facies oolitica.

2° Transetto.

| | | | | | | |
|----------|----------|----------|--------------|--------|-------------|---------|
| V 30-242 | 23° 21'N | 19° 28'W | Prof. carota | 3605 m | Prof. camp. | 1144 cm |
| V 30-241 | 23° 24'N | 37° 02'W | " " | 3702 m | " " | 1070 cm |
| V 30-239 | 23° 34'N | 20° 04'W | " " | 3901 m | " " | 1011 cm |
| V 17-161 | 23° 16'N | 26° 43'W | " " | 5320 m | " " | 680 cm |
| V 17-161 | " | " | " " | " | " " | 710 cm |
| V 17-161 | " | " | " " | " | " " | 715 cm |

Il campione V 30-242 ha un residuo molto abbondante, biogenico, in cui il rapporto P/B è intorno al 99%. I frammenti sono stati valutati a vista come circa il 10-20% dei gusci e appartengono soprattutto alle forme più piccole. Sembra possibile un confronto con la facies eolitica.

Il campione V 30-241 si differenzia dal precedente solo per la percentuale più alta di gusci frammentati, stimata al 20% del totale. Appare correlabile con la facies eolitica, ad uno stadio un po' più avanzato del campione descritto prima.

Il campione V 30-239 ha un residuo ancora abbondante, biogenico, in cui predomina il plancton. I frammenti sono numerosi, in percentuale decisamente superiore alle precedenti. Il rapporto P/B (circa il 97-98%) insieme all'alta percentuale di esemplari rotti, sembra indicativo di uno stadio iniziale della facies oligolitica, oppure, più prudentemente, di uno stadio intermedio tra questa e la facies eolitica.

I tre campioni della carota V 17-161 hanno caratteristiche per lo più simili a quelle della carota V 17-162 del primo transetto; il campione più profondo si distingue per la presenza di alcuni Foraminiferi, probabilmente rimaneggiati: sono infatti piccoli planctonici, *Globigerine* e *Globigerinoides*, sensibili alla dissoluzione. I residui non disturbati possono essere riferiti alla facies oolitica.

Conclusioni.

Un confronto tra i due transetti e l'insieme dei campioni discussi prima permette di riassumere gli aspetti salienti relativi a profondità, frammentazione e facies.

Una vera e propria facies alitica sembra assente, anche in base al raffronto con i residui a minore profondità. Anche in altri campioni dell'Atlantico questa facies è assente, ed è quindi ipotizzata solo come riferimento teorico dei sedimenti non toccati dalla dissoluzione; sorge quindi la necessità di verificarne la

effettiva presenza in aree a deposizione tranquilla, non disturbata da risedimentazione.

La facies eolitica, come pure gli stadi intermedi tra questa e la oligolitica, sono sicuramente documentati; i riferimenti compiuti grazie al rapporto P/B per i gruppi di campioni a dissoluzione incipiente o appena più marcata risultano in accordo con le profondità calcolate, comprese tra -3500 e -4500 m circa.

La facies oligolitica, non rappresentata nei transetti, è stata indicata per un solo campione, V 30-58 (4492 m), l'unico non disturbato da tracce di trasporto, la cui profondità, anche se lievemente inferiore al limite proposto, rientra in un margine di variazione accettabile.

La facies mesolitica non sembra comparire in nessuno dei residui esaminati, sia nei transetti, dove manca l'intervallo tra -4800 m e -5000 m, sia nel totale, dove i campioni che potrebbero presentarla provengono dalle scarpate che limitano i bacini abissali e contengono materiale carbonatico ritrasportato ed a volte anche vulcanico.

La facies pleistolitica, che conserva ancora un minimo quantitativo di carbonato di calcio, concentrato spesso nei gusci più resistenti di bentonici o di *Sphaeroidinella*, appare molto rara, così come nei campioni del DSDP su cui era stata definita: si può ipotizzare che essa sia legata a più fattori faunistici e fisico-chimici agenti contemporaneamente, come un'elevata produttività, un'alta percentuale di forme resistenti, piccole variazioni locali nella temperatura, aggressività chimica dell'acqua, ecc.

La facies oolitica, con residui totalmente privi di CaCO_3 , a volte ricchi di frammenti fosfatici o di noduli di manganese, è rappresentata solo nei bacini abissali, sotto i -5000 m; questa è un'ulteriore conferma per una CCD situata nell'Atlantico intorno a -5000 m anche durante il Pleistocene.

Altri campioni distribuiti in tutta l'area esaminata sono più o meno frammentati; hanno, si può dire, un aspetto "eolitico" o "oligolitico" non sempre correlabile con la profondità e con il rapporto P/B. Soprattutto nell'area più meridionale gli apporti torbidity possono agire indifferentemente, accentuando o al contrario diminuendo le manifestazioni della dissoluzione, a seconda che il trasporto sia accompagnato o meno dalla rottura meccanica degli esemplari. Per distinguere almeno tentativamente l'importanza relativa dei due fenomeni - dissoluzione dei carbonati e accumulo per gravità - sarebbe utile una valutazione quantitativa del peso del residuo e del carbonato totale, comprensivo quindi anche della frazione più fine e del nannoplankton, che possono dare una base più precisa agli aspetti contrastanti presentati dai singoli campioni e solo stimati in questo lavoro. Anche con questo tipo di approccio qualitativo è stato comunque possibile distinguere i processi dominanti nella formazione dei sedimenti.

Dall'osservazione della Fig. 6, che riassume la distribuzione e l'entità del trasporto torbidity, dell'apporto di materiale vulcanico e di organismi silicei, è

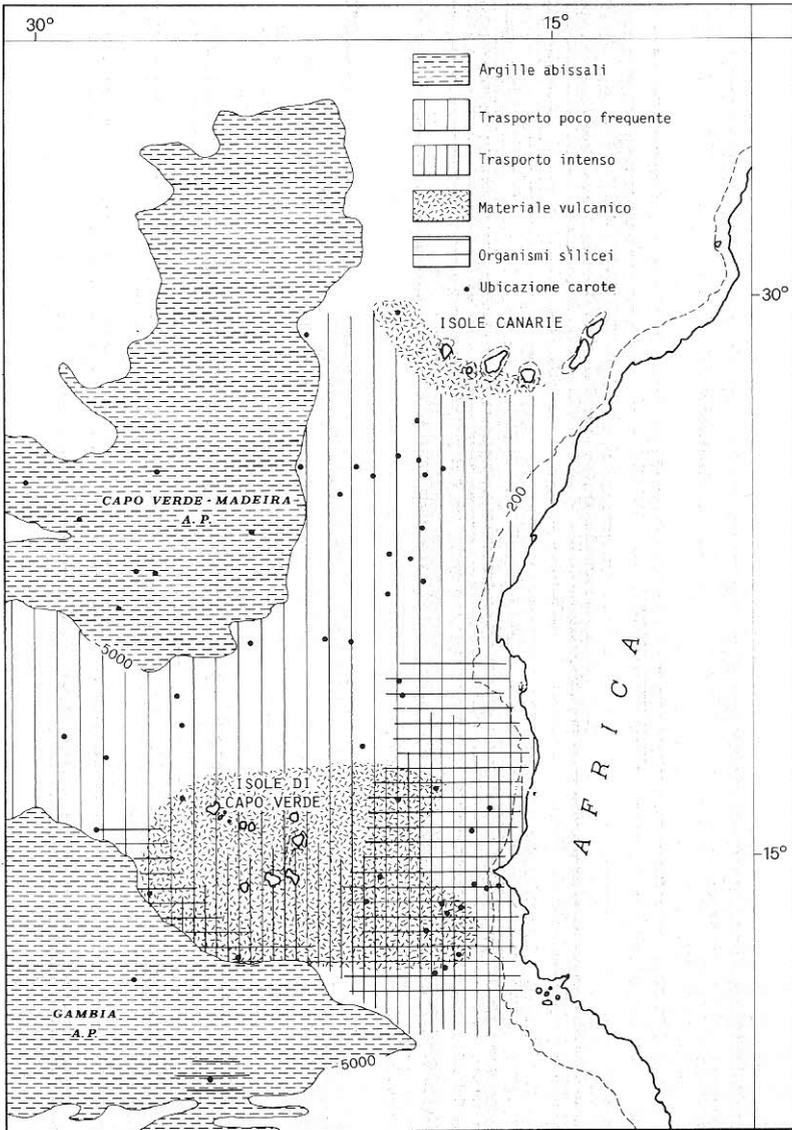


Fig. 6 – Distribuzione areale dei tipi di sedimenti e loro caratteristiche sedimentologiche nell'Atlantico orientale, ad esclusione della dissoluzione dei carbonati (non rappresentata).

L'area settentrionale è interessata solo dallo sporadico trasporto; nell'area meridionale vi è invece sovrapposizione di intenso trasporto, di risalita di nutrienti con sviluppo di organismi silicei e di vulcanesimo.

possibile concludere che nell'area settentrionale la risedimentazione è raramente presente o poco marcata, che la dissoluzione dei carbonati influisce direttamente sulla genesi dei sedimenti, tanto che è possibile riconoscere alcune delle facies già definite. Due processi sembrano al centro del quadro estremamente complesso ricavato dall'area intorno al Capo Verde: il vulcanesimo delle isole omonime e la risalita di acque profonde lungo le coste del continente africano. Il primo influisce con l'accumulo di materiale non carbonatico, elevando la velocità di sedimentazione; il secondo è responsabile di una elevata produttività organica in superficie, sia in organismi carbonatici come i Foraminiferi, sia ancor più in organismi silicei come i Radiolari, più legati dei primi alle aree di risalita per il basso tenore di silice normalmente in soluzione nelle acque superficiali degli oceani. Si ha quindi un maggior quantitativo di materiali depositi al fondo, facilmente instabili e soggetti a torbide che li accumulano lungo la scarpata continentale fino alle piane abissali, vicino o anche sotto la CCD, dove, come testimoniato in alcune carote, possono sfuggire alla dissoluzione se la sedimentazione è sufficientemente rapida.

Il rinvenimento di eolianiti, che appaiono attualmente come depositi eccezionali, è indipendente dalle caratteristiche fisico-chimiche del bacino ed è legato invece al regime e alla forza dei venti provenienti dall'interno del continente. Potrebbe essere tentata una eventuale correlazione con fasi climatiche pleistoceniche, però con modalità di campionatura differenti da quella disponibile per una valutazione qualitativa dei sedimenti.

Ringraziamenti.

Gli autori desiderano ringraziare la Prof. Isabella Premoli Silva, per i consigli e l'aiuto gentilmente forniti durante lo svolgimento del lavoro, e le Prof. C. Rossi Ronchetti e M. B. Cita per la rilettura critica del manoscritto. Il materiale studiato è stato fornito dal Dott. F. McCoy, L-DGO; il finanziamento della raccolta e del mantenimento della collezione di carote è fornito dalla National Science Foundation con il contratto N. OCE 76-18049 e dall'Office of Naval Research con il contratto N00014-75-C-0210. Ricerca finanziata dal C.N.R., Comitato 05, Unità di Ricerca di Milano, resp. I.Premoli Silva.

BIBLIOGRAFIA

- Berger W.H. (1967) - Foraminiferal ooze: solution at depths. *Science*, v. 156, n. 3773, pp. 383-385, Washington.
- Berger W.H. (1968) - Planktonic Foraminifera: selective solution and paleoclimatic interpretation. *Deep-Sea Res.*, v. 15, n. 1, pp. 31-43, 1 tav., 3 fig., Oxford.
- Berger W.H. (1970) - Planktonic Foraminifera: selective solution and the lysocline. *Marine Geol.*, v. 8, pp. 111-138, 6 tav., 18 fig., Amsterdam.
- Berger W.H. (1973 a) - Deep-sea carbonates: Pleistocene dissolution cycles. *J. Foram. Res.*, v. 3, pp. 187-195, 7 fig., Washington.
- Berger W.H. (1973 b) - Deep-sea carbonates: evidence for a coccolith lysocline. *Deep-Sea Res.*, v. 20, pp. 917-921, Oxford.
- Berger W.H. (1976) - Biogenous deep sea sediments: production, preservation and interpre-

- tation. In: Riley J.P. & Chester R. (Ed.) - Treatise on chemical oceanography, v. 5, pp. 265-338, *London Academic Press*, London.
- Berger W.H. & von Rad U. (1972) - Cretaceous and Cenozoic sediments from the Atlantic Ocean. In: Hayes D.E., Pimm A.C. et al., - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 14, pp. 787-954, 11 tav., 59 fig., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Berger W.H. & Winterer E.L. (1974) - Plate stratigraphy and the fluctuating carbonate line. In: Hsü K.J. & Jenkins H. (Ed.) - Pelagic sediments on land and under the sea. *Spec. Publ. Int. Ass. Sedim.*, v.1, pp. 11-48, 1 tav., 26 fig., Oxford.
- Cita M. B. (1971) - Paleoenvironmental Aspects of DSDP Legs I-IV. *Proc. II Plankt. Conference Rome 1970*, v. 1, pp. 251-285, 5 tav., 10 fig., Roma.
- Cita M.B. & Spezzi Bottiani G. (1979) - Late Neogene paleoenvironment studies on carbonate content, grain size and dissolution, cores 1-57 (DSDP Site 397). In: Rad U. von Ryan W.B.F. et al. - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 47A, pp. 671-682, 7 fig., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Diester-Haass L. (1977) - Influence of carbonate dissolution, climate, sea-level changes and volcanism on Neogene sediments off Northwest Africa (Leg. 41). In: Lancelot Y., Seibold E. et al. - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 41, pp. 1033-1047, 6 fig., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Goll R.M. & Björklund K.R. (1971) - Radiolaria in surface sediments of North Atlantic Ocean. *Micropaleont.*, v. 17, n. 4, pp. 434-454, 1 tav., 8 fig., New York.
- Hsü K.J. & Andrews J.E. (1970) - History of South Africa Atlantic Basin. In: Maxwell A.E. et al. - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 3, pp. 464-467, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Imbrie J. & Kipp N.G. (1971) - A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: application to late Pleistocene Caribbean Core. Yale University Press, pp. 71-181, 19 tav., 46 fig., New Haven, London.
- McCoy F.W. & Zimmermann H.B. (1977) - A history of sediment lithofacies in the South Atlantic Ocean. In: Supko P.K., Perch-Nielsen K. et al. - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 39, pp. 1047-1089, 1 tav., 5 fig., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Peterson M. N. A. (1966) - Calcite: rates of dissolution in a vertical profile in the Central Pacific. *Science*, v. 154, n. 3756, pp. 1542-1544, Washington.
- Peterson M. N. A. et al. (1970) - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 2, 491 pp., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Sarnthein M. (1971) - Oberflächensedimente in Persichen Golf und Golf von Oman. II. Quantitative Komponentenanalyse der Grobfraction. "*Meteor*", *Forsch.-Ergebn.*, C, n. 5, pp. 1-113, Berlin.
- Sarnthein M. (1978) - Neogene sand layers off Northwest Africa: composition and source environment. In: Lancelot Y., Seibold E. et al. - *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, v. 41, 497 pp., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Shackleton N.J. & Opdyke N.D. (1976) - Oxygen-isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific Core V, 28-239: late Pliocene to latest Pleistocene. *Geol. Soc. Am. Mem.*, v. 145, pp. 449-464, Boulder.
- Sverdrup H.U., Johnson M.W. & Fleming R.H. (1942) - The Oceans: their physics, chemistry and general biology. pp. I-V, 1-108, 121 tav., 265 fig., 7 carte, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey.
- Violanti D., Premoli Silva I., Cita M.B., Kersey D. & Hsü K.J. (1979) - Quantitative characterization of carbonate dissolution facies of the Atlantic Tertiary sediments. An attempt. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, v. 85, n. 2, pp. 517-548, 12 fig., Milano.



TAVOLA 6

Fig. 1 – Facies colitica avanzata, Vema 30–233 (785 cm), 4315 m; x 250.

Fig. 2 – Facies oligolitica, Vema 30–58 (936 cm), 4492 m; x 100.

Fig. 3 – Facies pleistolitica, Vema 19–303 (1560 cm/base), 5426 m; x 100.

Fig. 4 – Facies ololitica, Vema 17–162 (430 cm), 5480 m; x 100.

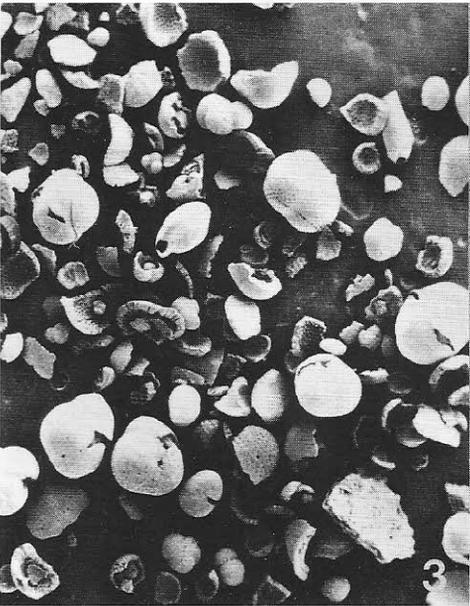
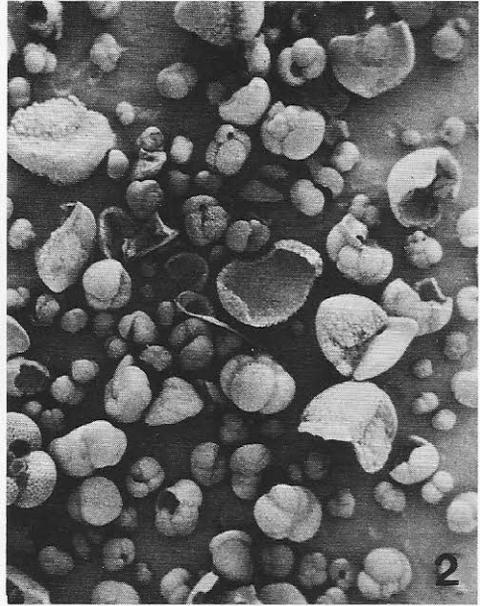
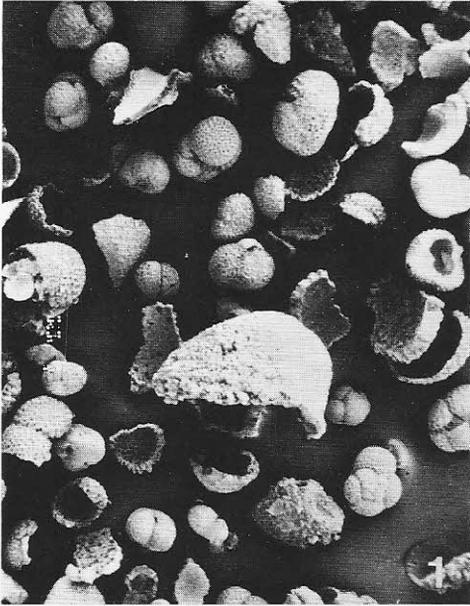


TAVOLA 7

- Fig. 1 — Area meridionale: organismi silicei (spicole di Spugna), Vema 22-198 (574 cm), 1082 m; x 250.
- Fig. 2 — Area meridionale: vetro e cenere vulcanica, Vema 22-205 (658 cm), 3823 m; x 250.
- Fig. 3 — Area meridionale: materiale terrigeno (quarzo del deserto), Vema 22-194 (1004 cm), 4903 m; x 250.
- Fig. 4 — Area meridionale: accumulo con prevalente frammentazione di origine meccanica (si notano alcune carene di *Globorotalia* rotte), Vema 27-173 (428 cm), 4931 m; x 250.

