

5.12 Concha (12): *Tellina petitiana*

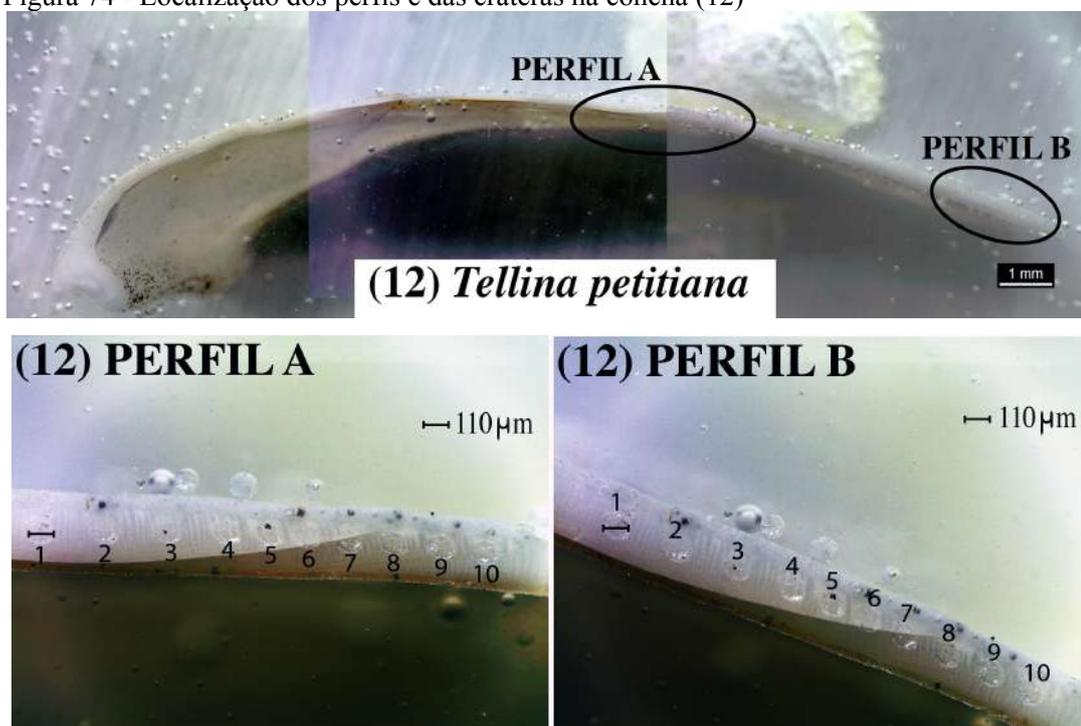
A composição isotópica registrada nos perfis da concha (12), está descrita na Tabela 15, ao todo, 20 pontos amostrais foram realizados, distribuídos em dois perfis.

Tabela 15 – Composição isotópica determinada nos perfis a concha (12)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	33.415	14.610	16.643	2.016	1.100
02A	34.455	15.203	16.612	2.015	1.100
03A	32.810	14.499	16.320	2.009	1.097
04A	32.762	14.859	16.319	2.025	1.100
05A	34.162	14.956	16.879	2.024	1.103
06A	32.842	14.654	15.964	2.008	1.099
07A	32.227	14.220	15.598	2.023	1.102
08A	33.376	14.850	16.102	2.006	1.096
09A	30.695	13.832	15.206	2.017	1.108
10A	33.594	14.973	16.525	2.015	1.099
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	41.129	18.135	20.491	2.035	1.098
02B	40.347	18.689	18.679	2.037	1.103
03B	41.243	18.891	22.204	2.036	1.101
04B	40.922	16.235	19.064	2.044	1.096
05B	40.397	17.636	19.757	2.040	1.101
06B	42.125	18.479	19.389	2.039	1.070
07B	40.197	18.098	20.123	2.041	1.098
08B	40.437	18.786	18.278	2.042	1.101
09B	40.431	19.963	21.612	2.043	1.099
10B	41.213	18.882	20.352	2.043	1.101

A espécie *Tellina petitiana* possui duas camadas que formam a concha: interna e externa. Dois perfis foram realizados ao longo da concha, o perfil (A), na parte central da concha, com 10 pontos na camada externa. E o perfil (B) na extremidade anterior da concha, (B), também na camada externa com 10 pontos (Figura 74).

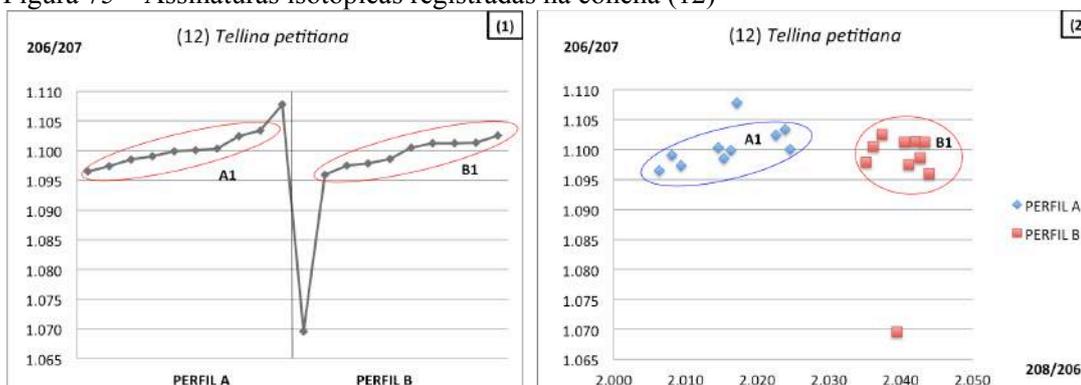
Figura 74 - Localização dos perfis e das crateras na concha (12)



Fonte: O autor, 2016.

Os resultados obtidos nos dois perfis variaram de 1,070 a 1,108 para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ variaram entre 2,008 e 2,044, Figura 75. Quando os valores foram plotados no histograma ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$), observa-se que os dados obtidos nos dois perfis agruparam-se em um mesmo intervalo principal: **A1** e **B1**: 1,096 – 1,103

Figura 75 – Assinaturas isotópicas registradas na concha (12)



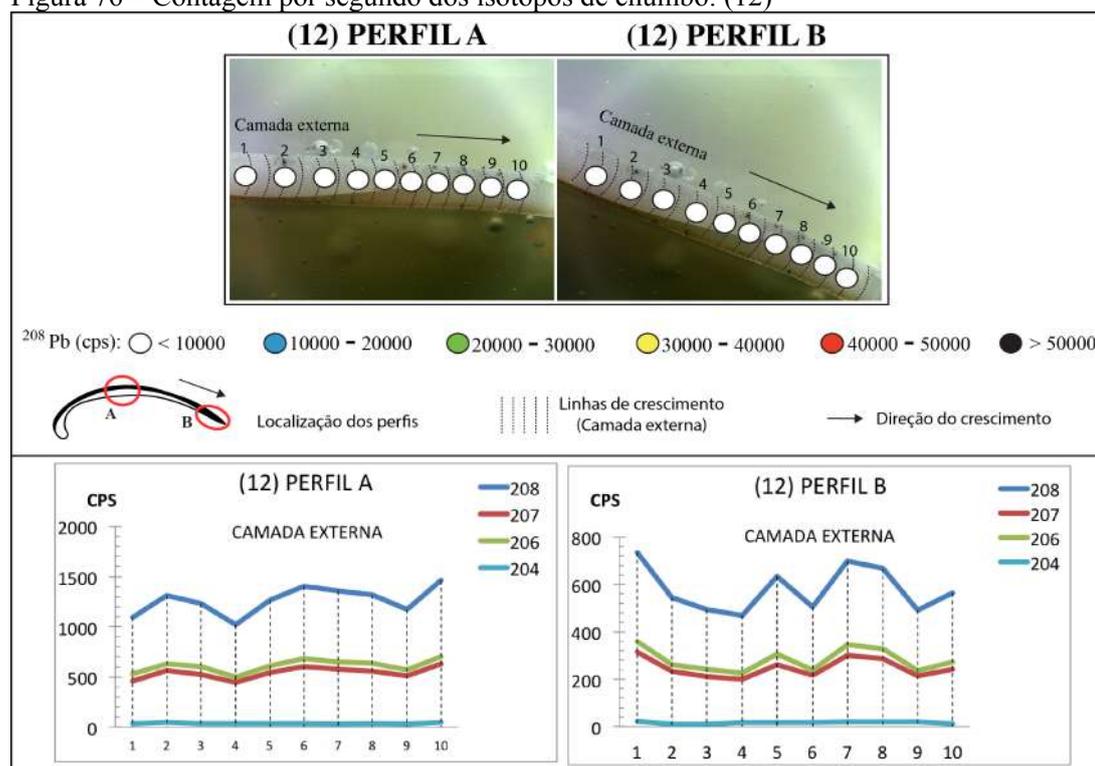
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os valores foram correlacionados ao gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que os grupos A1 e B1 apesar de compreenderem o mesmo intervalo na razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, distribuíram-se em diferentes intervalos da razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Sugerindo que podem ser provenientes de fontes distintas. Além disso, observa-se dois pontos amostrais (09A - 06B) aos quais não corresponderam ao comportamento de nenhum dos grupos identificados, esses pontos devem representar outras assinaturas, relacionados a outras fontes.

A intensidade do sinal registrada nos perfis da concha (12), é apresentada na Figura 76. O perfil (A) apresentou valor máximo em 1462 (cps), enquanto o perfil (B) marcou 736 (cps) para o mesmo isótopo, ^{208}Pb . Da mesma forma que a concha (11), a intensidade do sinal registrada também foi bem inferior quando comparada com os valores reportados nas outras amostras.

Figura 76 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: (12)



Fonte: O autor, 2016.

5.13 Concha (13): *Trachycardium muricatum*

A composição isotópica reportada nos perfis da concha (13) está descrita na Tabela 16, ao todo, foram realizados 20 pontos amostrais, distribuídos em dois perfis.

Tabela 16 – Composição isotópica determinada nos perfis da concha (13)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
001A	40.220	18.166	19.503	2.060	1.077
002A	42.403	18.904	20.395	2.083	1.078
003A	43.764	19.641	21.383	2.051	1.087
004A	40.962	18.404	19.769	2.071	1.075
005A	42.080	18.802	20.364	2.069	1.083
006A	40.008	17.949	19.342	2.068	1.079
007A	43.342	19.340	20.913	2.073	1.082
008A	41.066	18.206	19.817	2.073	1.089
009A	43.273	19.278	20.851	2.077	1.081
010A	42.028	18.703	20.374	2.061	1.091
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
001B	42.453	19.014	20.648	2.058	1.086
002B	40.093	17.862	19.372	2.071	1.086
003B	41.042	18.341	19.857	2.067	1.083
004B	43.970	19.567	21.300	2.067	1.089
005B	43.296	19.212	20.933	2.071	1.090
006B	42.135	18.720	20.345	2.070	1.087
007B	44.246	19.828	21.587	2.061	1.085
008B	37.213	16.658	17.936	2.074	1.078
009B	44.793	19.879	21.618	2.076	1.089
010B	51.919	23.356	25.128	2.063	1.082

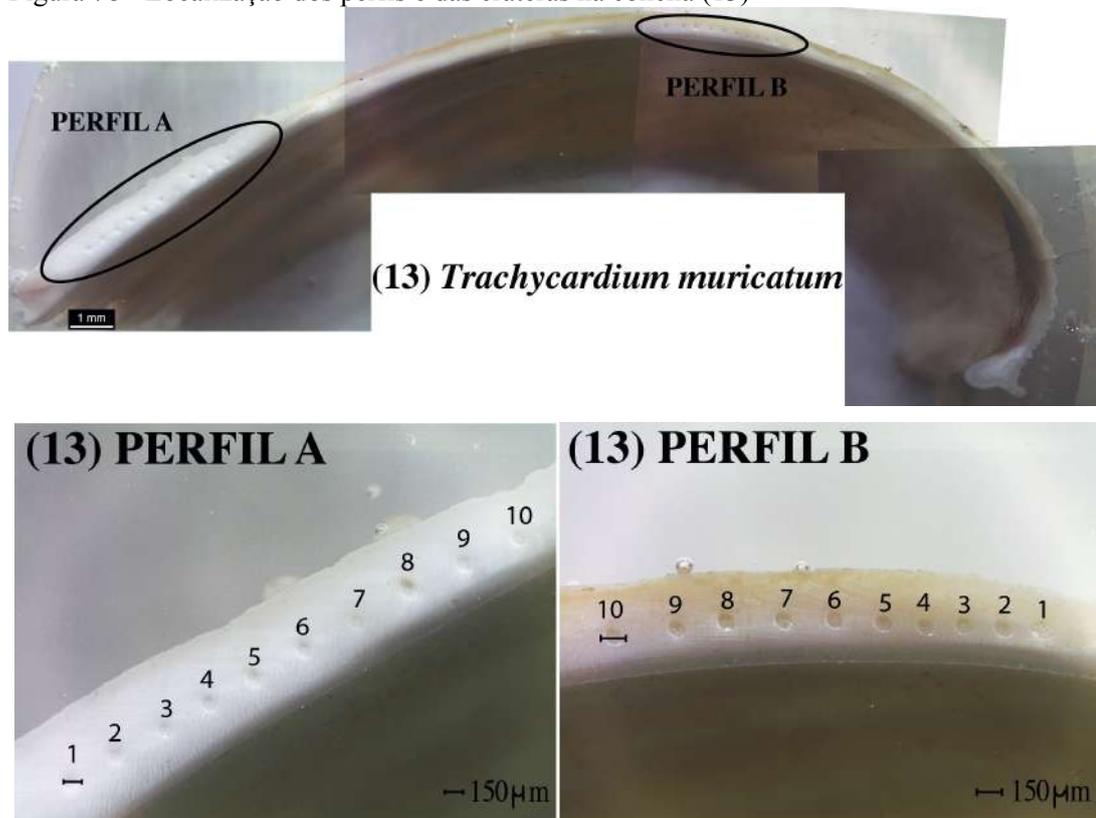
A espécie *Trachycardium muricatum* possui duas camadas formando a concha: interna e externa, Figura 77. Dois perfis foram realizados ao longo da concha, ambos realizados na camada externa, o perfil (A) na extremidade anterior da concha, e o perfil (B) na região central da concha, cada perfil contendo 10 pontos amostrais (Figura 78).

Figura 77 – Desenho esquemático da concha de *Trachycardium muricatum* e as duas camadas



Fonte: O autor, 2016.

Figura 78 - Localização dos perfis e das crateras na concha (13)



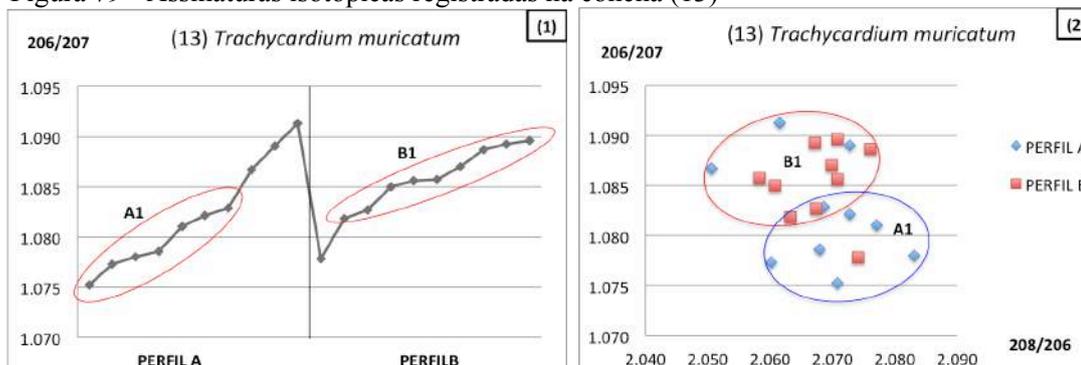
Fonte: O autor, 2016.

Os valores obtidos para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ variaram de 1,075 a 1,091, enquanto na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ variaram de 2,051 a 2,083 (Figura 79). Quando os resultados foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; observou-se que os dados organizaram-se em dois grupos principais, um em cada perfil, nos seguintes intervalos da razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:

A1: 1,075 – 1,083

B1: 1,082 – 1,090

Figura 79 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (13)



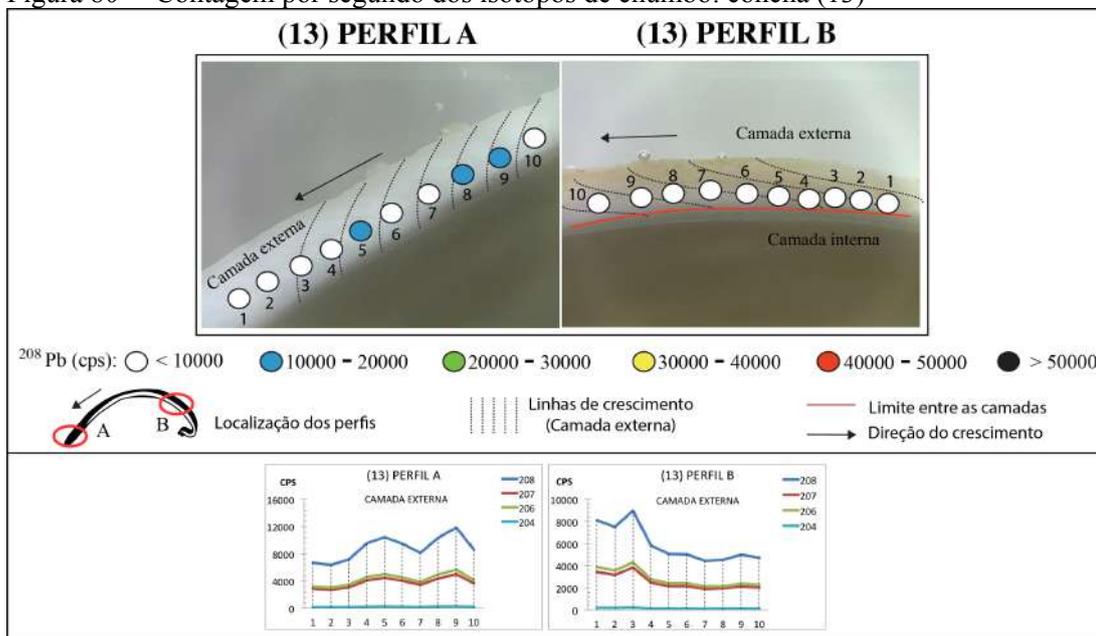
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os valores foram correlacionados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que os grupos A1 e B1 distribuíram-se em diferentes áreas gráfico, reportando distintas assinaturas isotópicas, provavelmente com origens em distintas fontes. Nota-se também que três pontos do perfil (A) apresentaram assinaturas mais radiogênicas do que os outros do mesmo perfil. Nota-se ainda que estes três pontos correlacionaram-se com a composição isotópica do grupo B1. Da mesma forma, observa-se que o ponto um ponto do perfil (B) correlacionou-se com o grupo A1.

A intensidade do sinal registrada nos perfis da concha (13), é apresentada na Figura 80. Os dois perfis foram realizados na camada externa, o perfil (A) registrou valor máximo de 11831 (cps), e o perfil (B) 8960 (cps) para o ^{208}Pb .

Figura 80 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (13)



Fonte: O autor, 2016.

5.14 Concha (14): *Trachycardium muricatum*

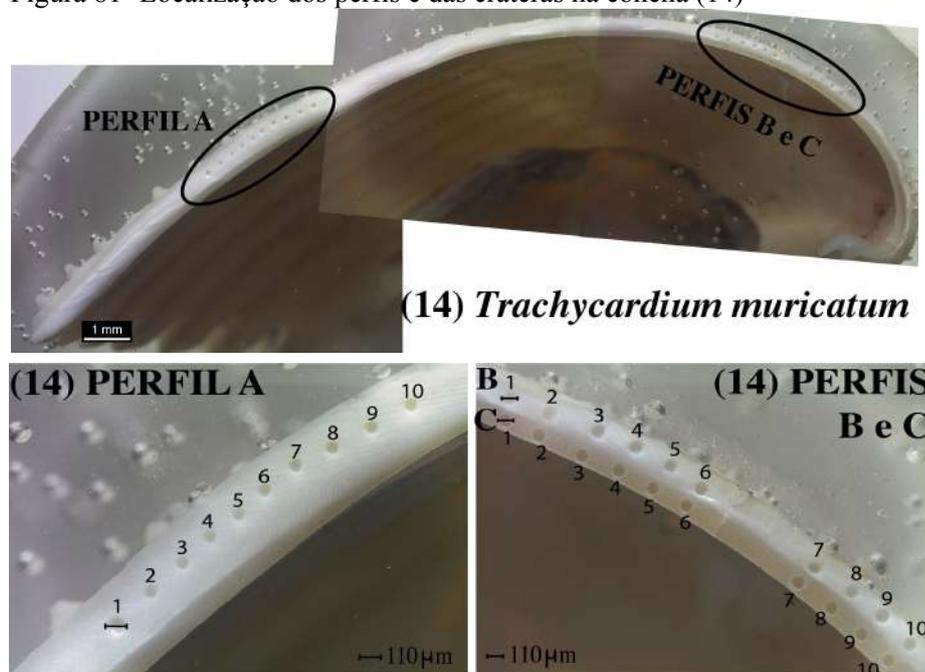
A composição isotópica obtida nos perfis da concha (14) está descrita na Tabela 17, ao todo, foram realizados 30 pontos, distribuídos em três perfis.

Tabela 17 – composição isotópica determinada nos perfis a concha (14)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	42.999	20.047	21.454	2.018	1.068
02A	41.344	19.080	20.545	2.022	1.081
03A	44.355	20.594	21.999	2.028	1.070
04A	44.622	20.750	22.256	2.020	1.079
05A	45.005	20.869	22.402	2.028	1.077
06A	44.385	20.581	22.076	2.018	1.071
07A	44.977	21.005	22.314	2.027	1.061
08A	45.412	20.998	22.480	2.030	1.066
09A	43.652	20.382	21.744	2.023	1.066
10A	45.460	21.116	22.667	2.009	1.074
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	41.864	19.386	20.643	2.033	1.066
02B	42.937	19.897	21.234	2.024	1.066
03B	42.377	19.621	21.013	2.035	1.069
04B	43.065	19.874	21.334	2.022	1.071
05B	45.509	20.911	22.353	2.027	1.074
06B	44.623	20.587	21.980	2.041	1.071
07B	43.456	20.148	21.436	2.035	1.066
08B	43.543	20.119	21.353	2.052	1.060
09B	43.499	20.102	21.431	2.034	1.066
10B	42.289	19.615	20.847	2.035	1.058
PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	41.527	19.011	20.455	2.037	1.063
02C	45.213	20.740	22.109	2.047	1.067
03C	40.686	18.608	19.982	2.049	1.078
04C	40.898	18.811	19.973	2.050	1.064
05C	42.122	19.199	20.631	2.051	1.071
06C	42.000	19.211	20.423	2.050	1.064
07C	41.998	19.160	20.580	2.054	1.069
08C	42.355	19.428	20.729	2.046	1.063
09C	43.587	19.997	21.312	2.055	1.070
10C	39.021	17.691	19.003	2.054	1.074

Três perfis foram realizados ao longo da concha, os perfil (A) e (B) na camada externa, e o perfil (C) na camada interna (Figura 81).

Figura 81- Localização dos perfis e das crateras na concha (14)



Fonte: O autor, 2016.

Quando os valores foram plotados no histograma ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$), observou-se quatro grupos, organizados nos seguintes intervalos:

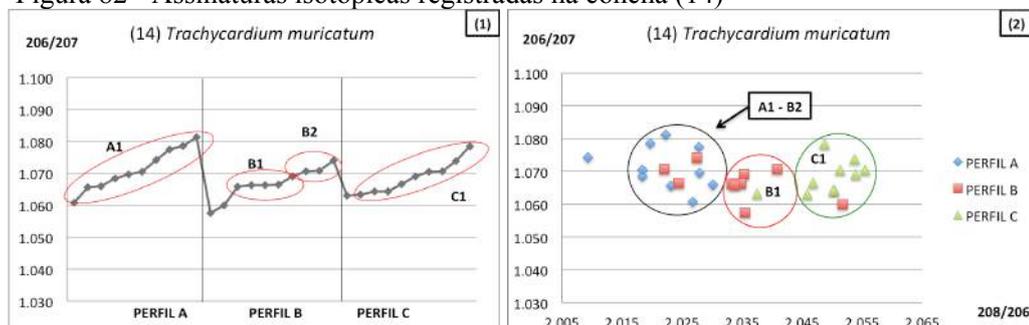
A1: 1,061 – 1,081

B1: 1,066 – 1,069

C1: 1,063 – 1,078

B2: 1,071 – 1,074

Figura 82 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (14)



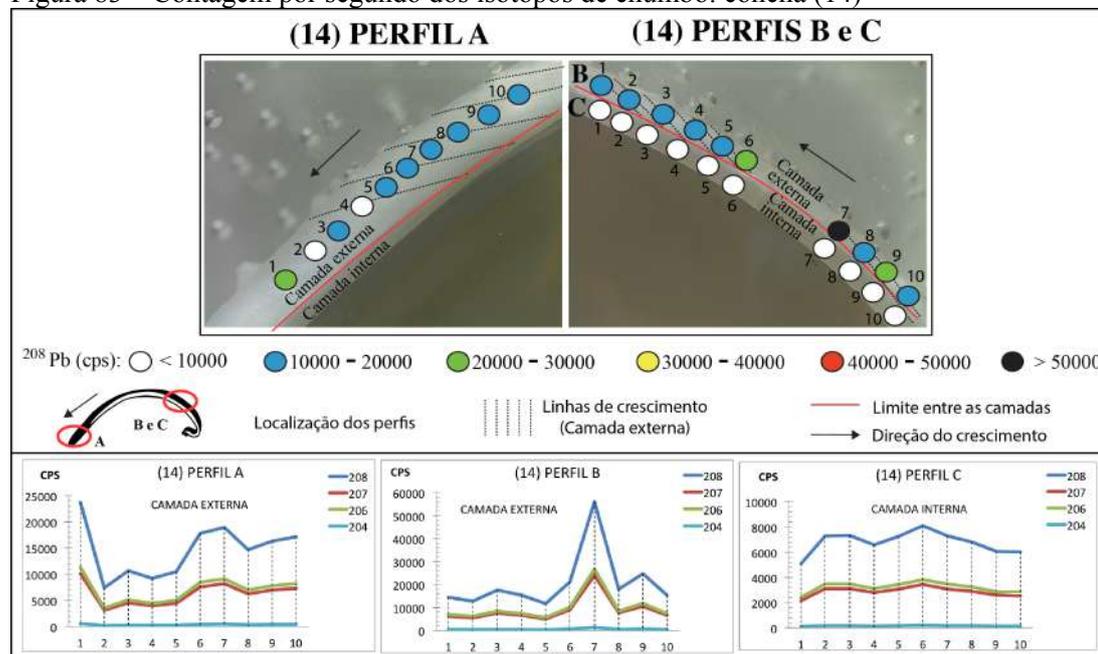
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Os resultados variaram no intervalo: 1,058 a 1,081 na razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2,009 a 2,054. Quando os resultados foram plotados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que os grupos A1 e B2 apresentaram configuração isotópica semelhante, provavelmente devem ter origem na mesma fonte. Enquanto, os outros grupos B1 e C1 reportaram distintas assinaturas isotópicas, possivelmente representam outras fontes (Figura 82).

A intensidade dos sinais registrados nos perfis da concha (14), é apresentada na Figura 83. O perfil (A) reportou valor máximo de 23676 (cps) e mínimo em 7354 (cps) para o ^{208}Pb , nota-se que os dois valores (máx. e mín.) foram registrados em pontos vizinhos, pertencentes a mesma camada (externa). Já os pontos amostrais dos perfis (B) e (C), ocorreram em diferentes camadas, porém com os pontos bem próximos entre si, o perfil (B) na camada externa e o perfil (C) na interna. Comparando os sinais entre os dois perfis, observa-se nessa amostra, a variação da intensidade do sinal associada a mudança de camada, com a camada externa reportando sinais mais intensos. Na camada externa ocorreu um pico de 56161 cps – ^{208}Pb , enquanto na interna o maior valor registrado foi 8121 cps – ^{208}Pb .

Figura 83 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (14)



Fonte: O autor, 2016.

5.15 Concha (15): *Felaniella vilardeboana*

A composição isotópica obtida nos perfis da concha (15) está descrita na Tabela 18, ao todo, foram examinados 30 pontos amostrais, distribuídos em três perfis.

Tabela 18 – composição isotópica determinada nos perfis da concha (15)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	40.490	17.912	19.395	2.055	1.081
02A	40.046	17.853	19.165	2.052	1.075
03A	41.059	18.240	19.684	2.049	1.078
04A	40.957	18.193	19.603	2.053	1.077
05A	37.032	16.484	17.669	2.053	1.070
06A	41.775	18.683	19.970	2.050	1.067
07A	41.722	18.546	19.997	2.049	1.074
08A	40.564	18.015	19.416	2.054	1.076
09A	40.506	17.944	19.459	2.048	1.081
10A	41.163	18.224	19.667	2.054	1.076

PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	38.498	17.510	18.901	2.038	1.080
02B	37.600	16.999	18.328	2.052	1.080
03B	38.400	17.431	18.739	2.050	1.078
04B	40.595	18.346	19.641	2.064	1.072
05B	38.608	17.376	18.653	2.071	1.068
06B	40.168	18.239	19.577	2.054	1.075
07B	39.345	17.734	19.291	2.057	1.085
08B	42.775	19.341	20.794	2.066	1.076
09B	40.761	18.376	19.799	2.061	1.078
10B	37.808	17.011	18.455	2.052	1.083

PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	40.851	18.257	19.918	2.047	1.098
02C	39.844	17.854	19.308	2.057	1.081
03C	40.142	17.864	19.586	2.053	1.093
04C	38.534	17.240	18.483	2.082	1.075
05C	35.127	15.717	16.857	2.073	1.076
06C	41.572	18.828	20.327	2.046	1.080
07C	41.234	18.490	20.061	2.052	1.085
08C	40.431	18.239	19.667	2.056	1.081
09C	40.896	18.514	20.026	2.045	1.085
10C	37.257	16.702	18.103	2.060	1.085

Figura 84 – Desenho esquemático a concha de *Felaniella vilardeboana* e as três camadas



Fonte: O autor, 2016.

A espécie *Felaniella vilardeboana* possui três camadas na concha, Figura 84. Três perfis foram amostrados, o perfil (A) com 5 pontos na camada externa e 5 na intermediária. O perfil (B), realizado na parte central da concha, com 5 pontos na camada externa e 5 pontos na interna. E o perfil (C), com 5 pontos na camada externa e 5 pontos na camada interna (Figura 85).

Figura 85 - Localização dos perfis e das crateras na concha (15)

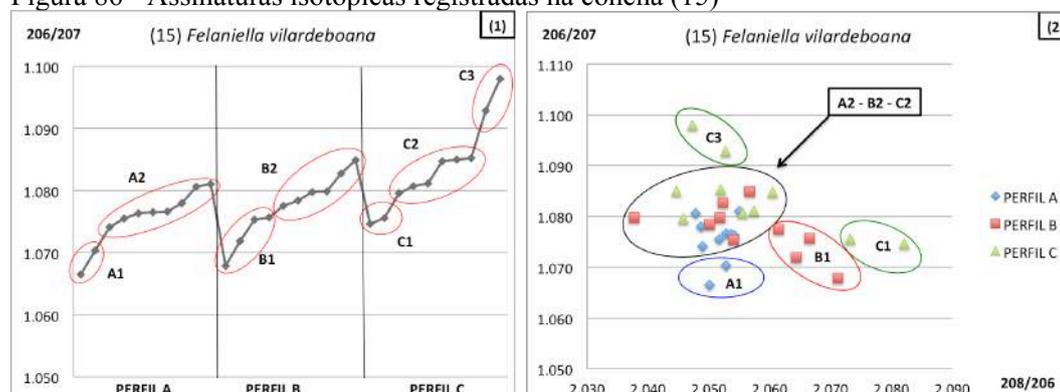


Fonte: O autor, 2016.

Os resultados variaram de 1,067 a 1,098 na razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, enquanto na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, variaram entre 2,038 a 2,082 (Figura 86). Quando os valores foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ observou-se a formação de sete grupos, identificados nos seguintes intervalos da razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:

A1: 1,067 – 1,070	B1: 1,068 – 1,076	C1: 1,075 – 1,076
A2: 1,074 – 1,081	B2: 1,078 – 1,085	C2: 1,080 – 1,085
		C3: 1,093 – 1,098

Figura 86 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (15)



Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

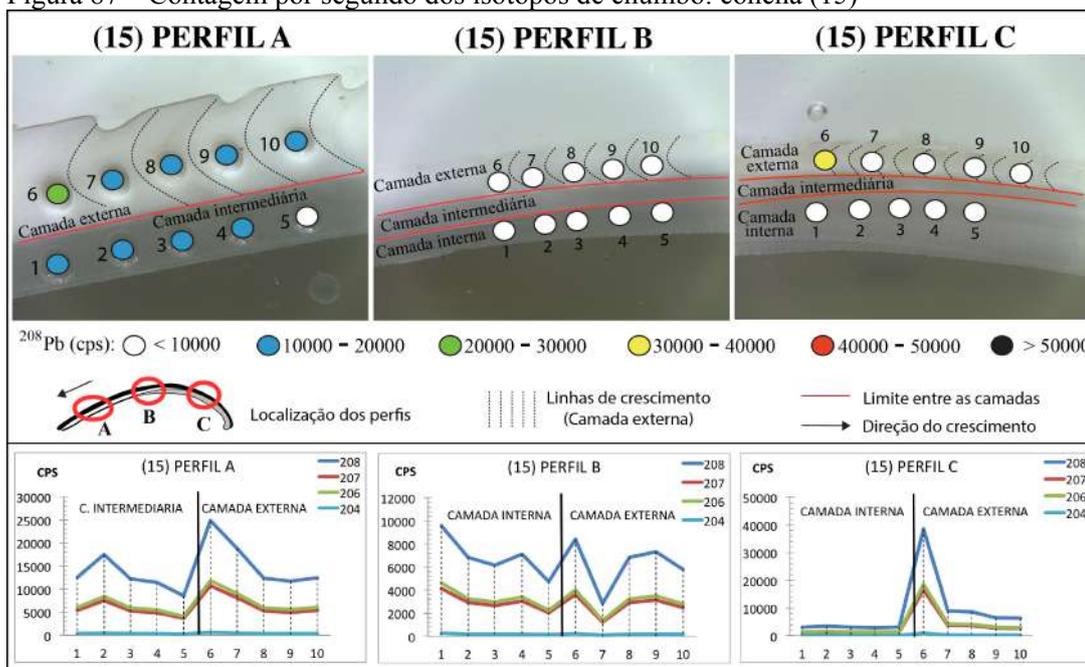
Fonte: O autor, 2016.

Quando os resultados foram plotados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que os sete grupos identificados anteriormente no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, agruparam-se em diferentes áreas do segundo gráfico, gerando cinco possíveis grupos de assinaturas isotópicas. Nos quais os grupos A2, B2 e C2, formaram um único agrupamento, provavelmente, representam a mesma fonte. Os grupos A1, B1, C1 e C3 apresentaram composição distintas, provavelmente com origem em fontes específicas, sendo C3 o mais radiogênico.

A intensidade dos sinais registrados nos perfis da concha (15), é apresentada na Figura 87. Nos três perfis as amostragens pontuais foram realizadas em distintas camadas. Comparando os perfis, verificou-se que no perfil (A) e (C), os sinais mais intensos ocorreram na camada externa. A maior intensidade registrada na camada externa, perfil (A), foi de 24806 cps – ^{208}Pb , enquanto na camada intermediária (mesmo perfil) o maior valor foi de 17447 cps ^{208}Pb . Já no perfil (C) ocorreu um pico de 38490 – ^{208}Pb , na camada externa,

enquanto na camada interna o maior valor foi 3344 cps – ^{208}Pb . E no perfil (B), na camada interna registraram-se sinais ligeiramente mais intensos do que na externa, o sinal mais intenso na interna com 9577 cps – ^{208}Pb e na externa, 8401 cps – ^{208}Pb (perfil B).

Figura 87 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (15)



Fonte: O autor, 2016.

5.16 Concha (16): *Felaniella vilardeboana*

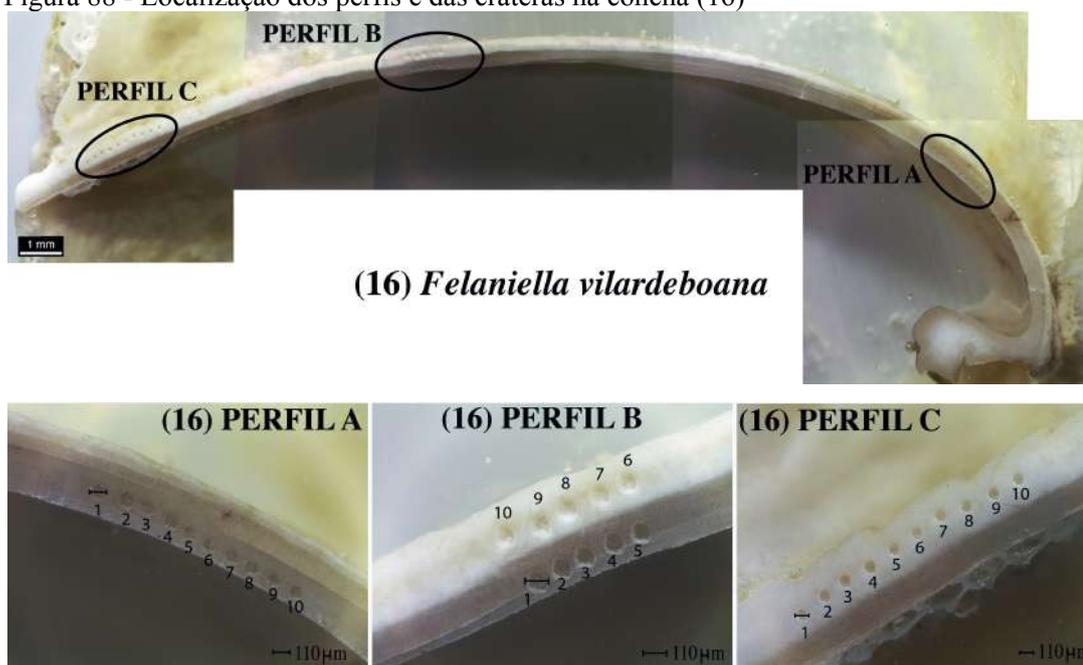
A composição isotópica registrada nos perfis da concha (16) está descrita na Tabela 19, ao todo, foram realizados 30 pontos amostrais, distribuídos em três perfis.

Tabela 19 – Composição isotópica determinada nos perfis da concha (16)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	42.154	18.993	20.005	2.107	1.054
02A	42.085	18.997	20.026	2.102	1.054
03A	41.830	18.859	19.889	2.103	1.055
04A	42.272	19.016	20.086	2.105	1.057
05A	41.916	18.932	19.975	2.099	1.055
06A	42.122	19.039	19.978	2.109	1.050
07A	41.315	18.612	19.653	2.103	1.056
08A	41.232	18.613	19.623	2.102	1.054
09A	42.026	18.923	19.921	2.109	1.053
10A	41.580	18.746	19.834	2.097	1.058
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	42.010	18.958	20.004	2.101	1.055
02B	5.078	6.051	2.689	1.811	0.539
03B	41.188	18.584	19.647	2.097	1.057
04B	40.934	18.398	19.477	2.102	1.059
05B	41.009	18.542	19.517	2.102	1.052
06B	42.181	18.970	20.054	2.104	1.057
07B	41.855	18.847	19.845	2.110	1.053
08B	42.348	19.054	20.087	2.108	1.055
09B	42.219	18.952	20.020	2.108	1.057
10B	41.127	18.523	19.615	2.097	1.059
PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	41.790	18.809	19.875	2.102	1.057
02C	42.259	18.863	20.074	2.105	1.064
03C	41.370	18.580	19.656	2.105	1.058
04C	41.997	18.865	19.877	2.113	1.054
05C	41.228	18.450	19.543	2.110	1.059
06C	42.496	19.132	20.216	2.102	1.057
07C	41.180	18.399	19.574	2.105	1.063
08C	41.175	18.456	19.521	2.110	1.058
09C	41.887	18.910	19.974	2.097	1.057
10C	42.143	18.992	20.028	2.104	1.055

Três perfis foram examinados ao longo da concha, o perfil (A) na camada interna, próximo ao umbo; o perfil (B) na região central da concha com 5 pontos na camada externa 5 na intermediária, nesse perfil, um ponto foi descartado (02B) por reportar sinais inconsistentes, com alta variabilidade ao longo da análise do ponto. O perfil (C), realizado na extremidade anterior da concha, com 10 pontos na camada externa (Figura 88).

Figura 88 - Localização dos perfis e das crateras na concha (16)



Fonte: O autor, 2016.

Os resultados variaram entre 1,050 – 1,064 na razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, enquanto na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, entre 2,097 a 2,113. Através do histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, Figura 89, observou-se nove grupos, identificados nos seguintes intervalos:

A1: 1,050 – 1,054

B1: 1,052 – 1,055

C1: 1,054 – 1,057

A2: 1,055 – 1,058

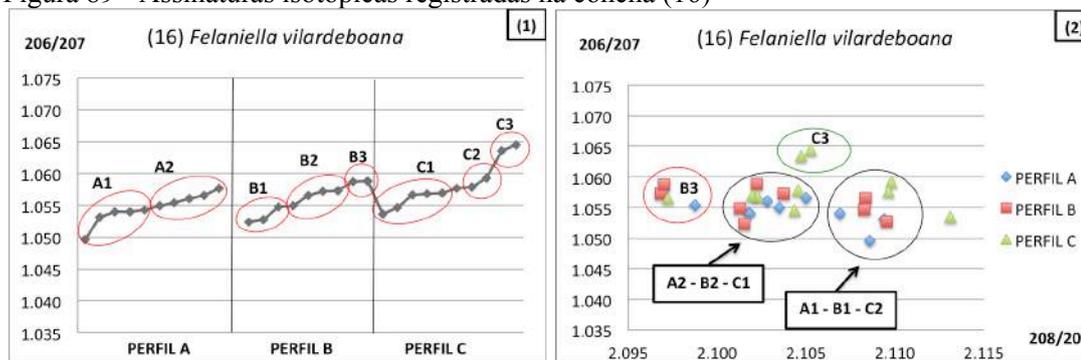
B2: 1,055 – 1,057

C2: 1,058 – 1,059

B3: 1,057 – 1,059

C3: 1,063 – 1,064

Figura 89 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (16)



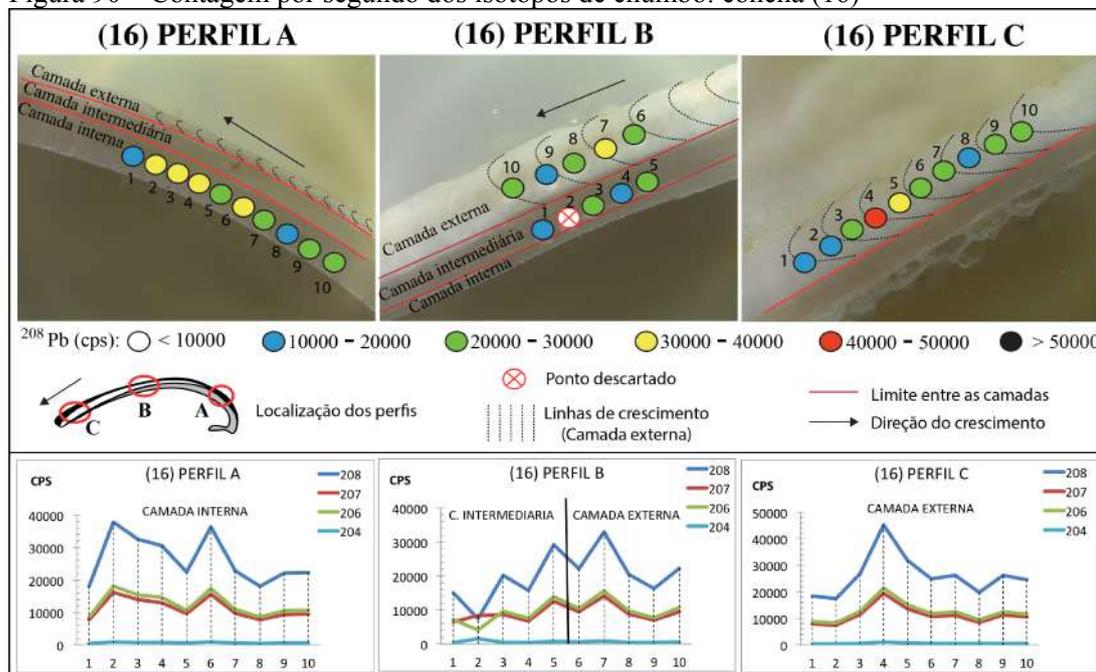
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os resultados foram plotados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que os nove grupos identificados anteriormente no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, distribuíram-se em diferentes áreas do segundo gráfico, agrupando-se em quatro possíveis famílias de assinaturas. Observa-se que os grupos A1, B1 e C1, agruparam-se na mesma região do segundo gráfico, apresentando configuração isotópica semelhante, provavelmente estes possuem origem na mesma fonte. O mesmo ocorreu com os grupos A2, B2 e C2, talvez esses representam outra fonte, enquanto o grupo C3 destacou-se dos demais, possivelmente associado a uma fonte mais radiogênica do que os demais.

A intensidade do sinal registrado nos perfis da concha (16), é apresentada na Figura 90. O perfil (A), na camada interna (próximo ao umbo), onde observaram-se os sinais mais intensos nessa amostra, com dois picos de intensidade, o primeiro com 37827 (cps) e o segundo com 36432 (cps) registrados para o ^{208}Pb , a menor intensidade nesse perfil foi de 18077 (cps) para o mesmo isótopo. O perfil (B), com 5 pontos na camada intermediária e 5 na externa, reportou sinais mais intensos na camada externa, onde observou-se um pico de intensidade de 32921 cps – ^{208}Pb . Enquanto o perfil (C), camada externa, observou-se a maior intensidade do sinal para o ^{208}Pb em 45233 (cps).

Figura 90 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (16)



Fonte: O autor, 2016.

5.17 Concha (17): *Anadara brasiliiana*

A composição isotópica registrada nos perfis da concha (17) está descrita na Tabela 20, por motivos operacionais, a análise teve que ser interrompida, dessa forma, o perfil (B) teve somente 5 pontos amostrais analisados.

Tabela 20 – composição isotópica determinada nos perfis da concha (17)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	39.228	17.335	19.235	2.040	1.114
02A	36.119	16.089	17.781	2.035	1.106
03A	39.329	17.395	19.236	2.041	1.106
04A	42.080	18.654	20.594	2.042	1.104
05A	39.385	17.394	19.185	2.050	1.105
06A	42.216	18.726	20.634	2.046	1.102
07A	41.503	18.563	20.281	2.046	1.094
08A	41.239	18.411	20.248	2.037	1.100
09A	40.013	17.780	19.609	2.042	1.103
10A	41.197	18.313	20.208	2.040	1.105

PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	41.242	18.348	20.310	2.042	1.109
02B	40.370	17.984	19.741	2.044	1.100
03B	41.798	18.593	20.618	2.029	1.110
04B	42.280	18.744	20.750	2.039	1.106
05B	42.001	18.596	20.542	2.045	1.104

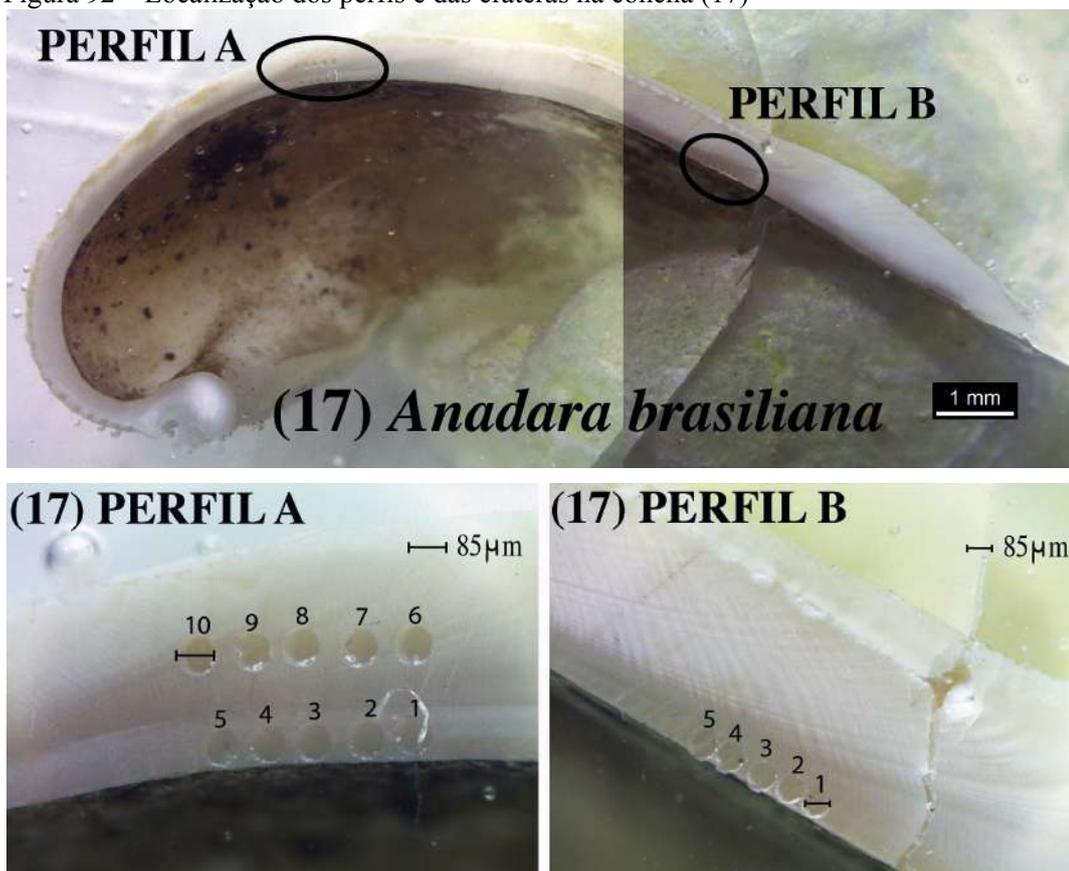
A espécie *Anadara brasiliiana* possui duas camadas na concha, Figura 91. Dois perfis amostrais foram analisados, o perfil (A), realizado na parte central da concha com 5 pontos na camada externa e 5 na camada interna, e o perfil (B), na extremidade anterior da concha, com 5 pontos na camada interna (Figura 92).

Figura 91– Desenho esquemático da concha de *Anadara brasiliana* e as duas camadas



Fonte: O autor, 2016.

Figura 92 – Localização dos perfis e das crateras na concha (17)



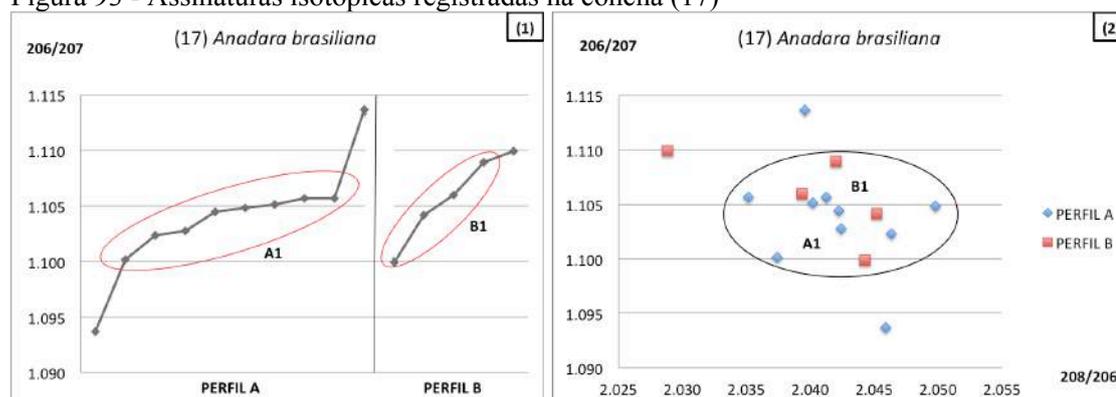
Fonte: O autor, 2016.

Os resultados obtidos na razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ variaram entre 1,094 – 1,114, e para a razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, entre 2,029 à 2,050 (Figura 93). Quando os valores foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, observou-se o agrupamento dos dados, identificado nos seguintes intervalos:

A1: 1,100 – 1,106

B1: 1,100 – 1,109

Figura 93 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (17)



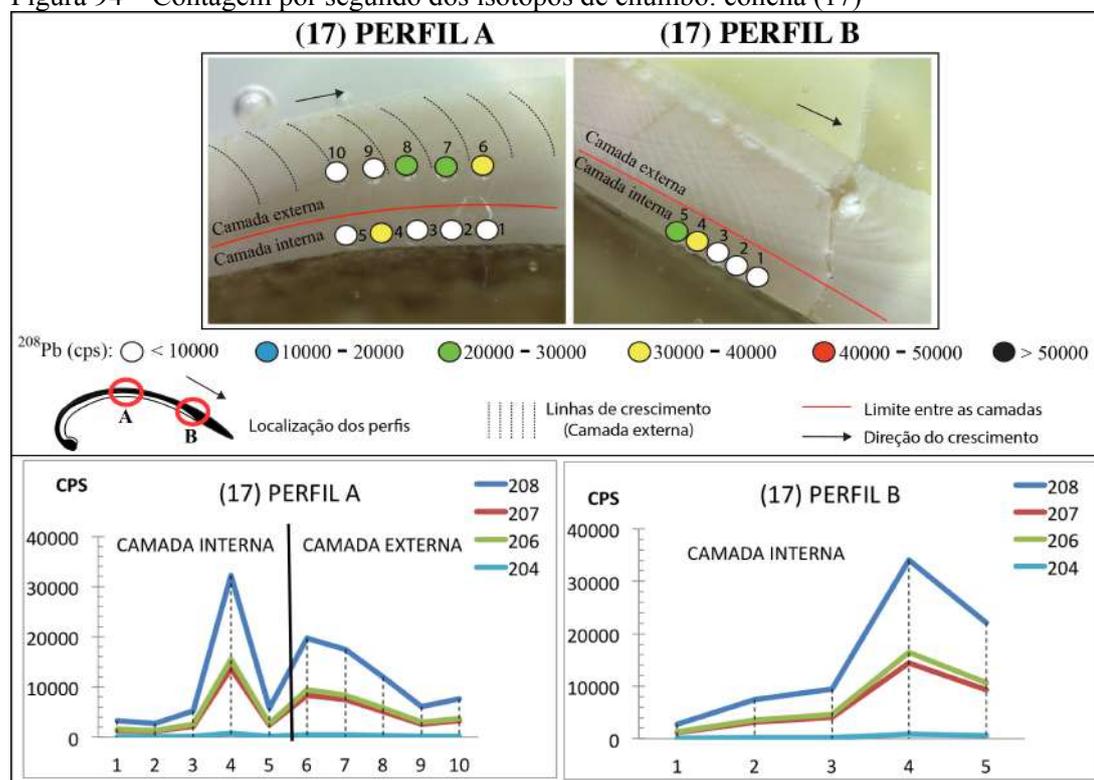
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os valores foram correlacionados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que a distribuição dos grupos A1 e B1 ocorreu na mesma área desse gráfico, ou seja, possivelmente retratam a mesma configuração isotópica, e devem ser provenientes da mesma fonte. Nota-se também que três pontos (01A – 10A – 05B), não estiveram associados ao grupamento citado, talvez estes tenham origem em outras fontes mais radiogênicas.

A intensidade do sinal registrada nos perfis da concha (17), é apresentada na Figura 94. O perfil (A), realizado nas duas camadas (interna e externa), reportou valores nos quais variaram de forma mais acentuada na camada interna, onde a maior e a menor intensidade registrada foram: 2643 e 32219 (cps) respectivamente, para o ^{208}Pb . No perfil (B) foi registrado um pico máximo de 34087 (cps) para o mesmo isótopo.

Figura 94 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (17)



Fonte: O autor, 2016.

5.18 Concha (18): *Chione paphia*

A composição isotópica registrada nos perfis da concha (18) está descrita na Tabela 21, ao todo, 49 pontos amostrais foram analisados, distribuídos em cinco perfis.

Tabela 21 – composição isotópica determinada nos perfis a concha (18)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	39.447	17.593	19.477	2.030	1.111
02A	38.644	17.227	18.826	2.063	1.097
03A	41.429	18.246	20.290	2.046	1.114
04A	37.306	16.378	18.058	2.052	1.113
05A	37.432	16.504	18.236	2.061	1.096
06A	41.613	18.238	20.299	2.046	1.116
07A	41.406	18.504	20.408	2.040	1.107
08A	38.404	17.038	18.885	2.040	1.101
09A	39.672	17.672	19.430	2.042	1.112
10A	39.312	17.284	19.255	2.041	1.106
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	40.211	17.851	19.534	2.058	1.094
02B	37.295	16.659	18.088	2.053	1.087
03B	39.119	17.384	18.999	2.063	1.102
04B	37.628	16.786	18.307	2.050	1.086
05B	38.733	17.229	18.884	2.051	1.093
06B	40.857	18.260	19.884	2.053	1.087
07B	38.841	17.213	18.891	2.054	1.097
08B	41.017	18.279	19.937	2.046	1.092
09B	38.913	17.240	18.949	2.053	1.103
10B	40.561	18.081	19.755	2.072	1.091
PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	37.711	16.866	18.297	2.064	1.086
02C	37.274	16.554	18.150	2.061	1.105
03C	39.840	17.823	19.364	2.039	1.087
04C	33.643	15.016	16.532	2.039	1.104
05C	35.319	15.758	17.281	2.062	1.092
06C	37.974	17.013	18.538	2.048	1.091
07C	39.524	17.498	19.211	2.051	1.102
08C	39.398	17.412	19.186	2.050	1.122
09C	36.638	16.301	17.874	2.053	1.095
10C	39.919	17.731	19.423	2.044	1.108

PERFIL D	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01D	35.547	15.876	17.463	2.051	1.103
02D	36.173	16.125	17.615	2.065	1.103
03D	35.589	15.838	17.474	2.049	1.103
04D	39.586	17.740	19.362	2.053	1.097
05D	36.080	16.094	17.369	2.076	1.083
06D	36.309	16.144	17.827	2.079	1.095
07D	38.452	17.028	18.587	2.071	1.092
08D	38.389	17.137	18.759	2.038	1.086
09D	37.961	16.846	18.416	2.094	1.093
10D	38.060	17.078	18.647	2.054	1.102

PERFIL E	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01E	40.113	17.799	19.739	2.032	1.110
02E	45.233	20.291	22.057	2.055	1.089
03E	43.978	19.669	21.442	2.050	1.090
04E	41.786	18.600	20.388	2.051	1.098
05E	40.174	17.936	19.528	2.055	1.092
06E	41.156	18.340	20.011	2.057	1.091
07E	41.610	18.650	20.415	2.039	1.095
08E	40.992	18.269	20.008	2.049	1.095
09E	42.633	19.045	20.774	2.054	1.091

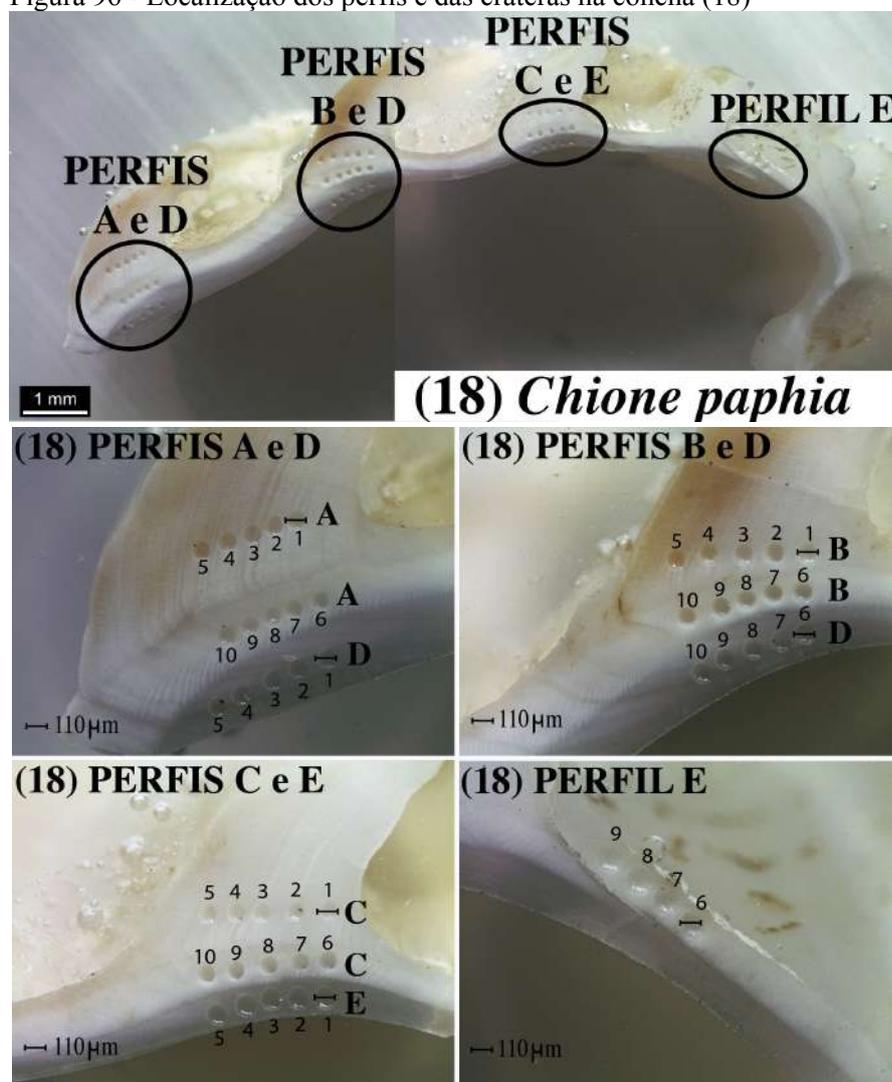
A espécie *Chione paphia* possui três camadas formando a concha, Figura. As análises ocorreram da seguinte forma: no perfil (A) foram realizados 5 pontos na camada externa e 5 na intermediária. No perfil (B), o mesmo, 5 na camada externa e 5 na intermediária; perfil (C), idem; perfil (D) 5 pontos na camada interna, próximos ao perfil (A) e 5 pontos próximos do perfil (B), também na camada interna. E por último, o perfil (E), com 5 pontos na camada interna, rente ao perfil (C) e 5 pontos na camada externa, próximo ao umbo. Contudo, o perfil (E) teve um ponto amostral descartado, pois o feixe de laser acertou na resina ao invés da amostra, dessa forma, 49 pontos amostrais foram realizados (Figura 95).

Figura 95 – Desenho esquemático da concha de *Chione paphia* e as três camadas



Fonte: O autor, 2016.

Figura 96 - Localização dos perfis e das crateras na concha (18)

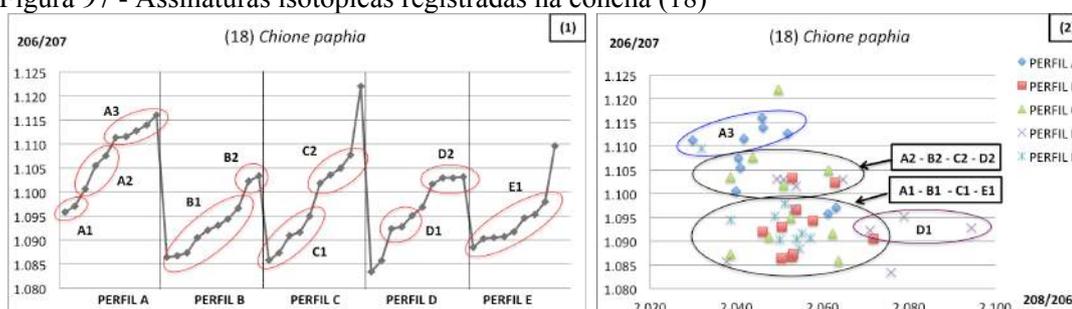


Fonte: O autor, 2016.

Os resultados para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ variaram entre 1,083 e 1,122, e para a razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, entre 2,030 e 2,094 (Figura 97). Quando os valores foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, observou-se distintos agrupamentos, identificados nos seguintes intervalos:

A1: 1,096 – 1,097	B1: 1,086 – 1,097	C1: 1,086 – 1,095	D1: 1,092 – 1,095
A2: 1,101 – 1,107	B2: 1,102 – 1,103	C2: 1,102 – 1,108	D2: 1,102 – 1,103
A3: 1,111 – 1,116			E1: 1,089 – 1,098

Figura 97 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (18)



Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

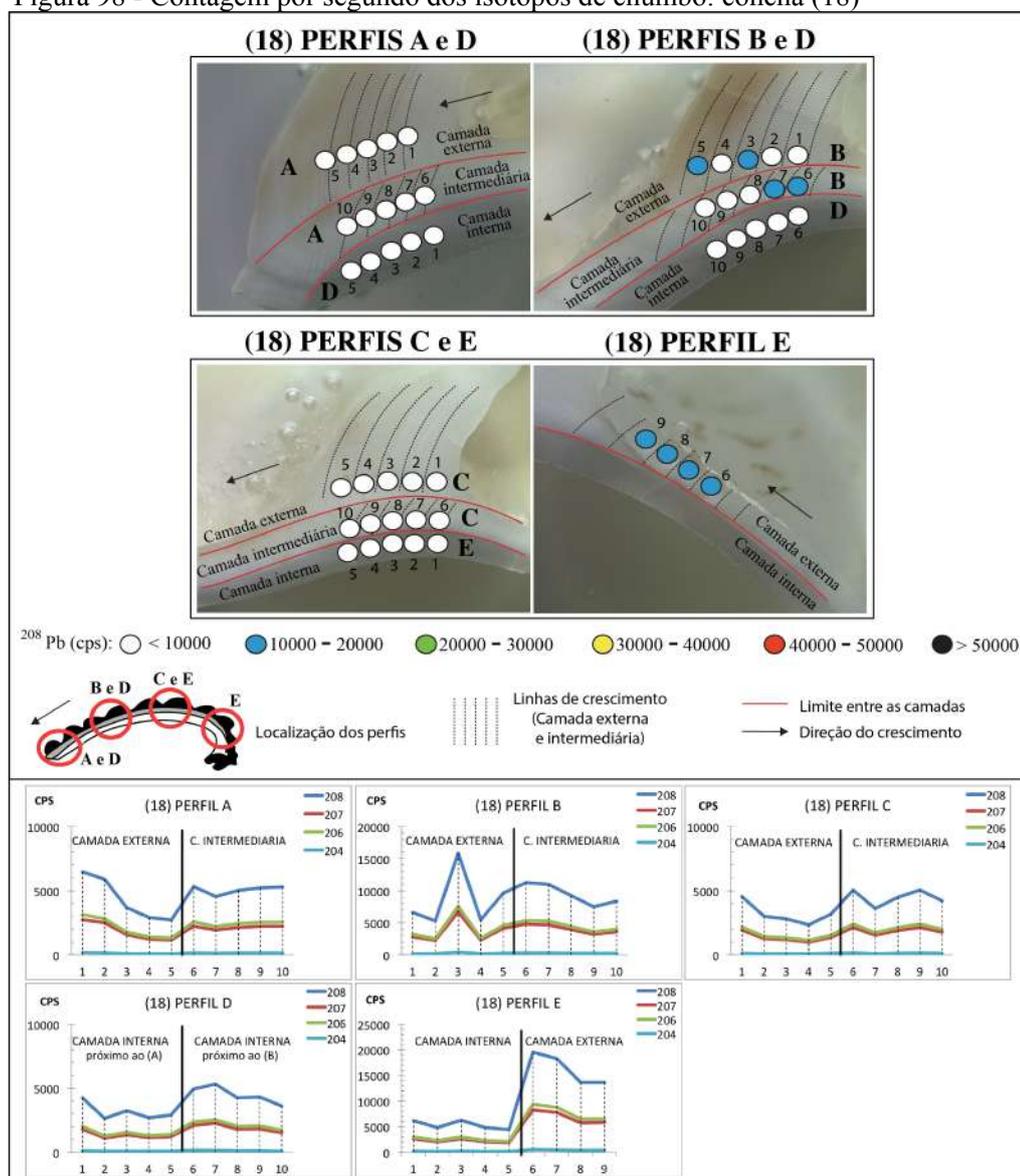
Fonte: O autor, 2016.

Quando os dados foram plotados no Gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ observou-se que os grupos A1, B1, C1 e E1 correlacionaram-se na mesma área do segundo gráfico, enquanto os grupos A2, B2, C2 e D2 associaram-se numa outra área do gráfico, provavelmente, esses dois conjuntos (identificados no segundo gráfico) representam duas famílias de assinaturas diferentes, tendo suas origens em fontes distintas. Já o grupo A3 apresentou composição isotópica mais radiogênica que os demais. Enquanto, D1 apresentou outra configuração isotópica.

A intensidade do sinal registrada nos perfis da concha (18) é apresentada na Figura 98. Os pontos amostrais dos perfis (A), (B) e (C) ocorreram nas camadas externa e intermediária, com 5 pontos amostrais em cada camada. O perfil (A) reportou maior variação no registro do sinal na camada externa, com o valor máximo e mínimo: 6483 e 2718 cps – ^{208}Pb , respectivamente, enquanto que na camada intermediária, nesse mesmo perfil: 5330 e 4551 cps – ^{208}Pb , respectivamente. Observou-se o mesmo comportamento no perfil (B), onde a intensidade do sinal variou mais na camada externa do que na camada intermediária, cujo valor máximo na camada externa foi de 15822 e o mínimo de 5457 cps - ^{208}Pb ; enquanto na camada intermediária o máximo foi 11235 cps – ^{208}Pb e mínimo de 7464 cps – ^{208}Pb . Já no perfil (C) o sinal comportou-se de forma homogênea nas duas camadas, cujo os valores máximo e mínimo, na camada externa foram: 4557 e 2344 cps – ^{208}Pb , respectivamente, e na camada intermediária 5046 e 3607 cps – ^{208}Pb . Nessa amostra, perfis (A), (B) e (C), os pontos que examinaram a camada intermediária registraram (em média) sinais com intensidades mais fortes quando comparados com os pontos da camada externa. Em contra partida, no perfil (D), onde as análises foram realizadas na camada interna, logo abaixo dos perfis (A) e (B), registrou-se sinais mais fracos quando comparados com as outras camadas. No perfil (D), os valores máximo e mínimo no registro do ^{208}Pb foi de 5333 e 2697 cps, respectivamente. Já no

perfil (E), as análises ocorreram na camada interna e externa, onde ocorreu a maior intensidade registrada nessa mostra, próximo ao umbo, cujo valor máximo foi de 19563 cps – ^{208}Pb . Nesse mesmo perfil, na camada interna o valor máximo foi de 6233 cps – ^{208}Pb . Contudo, os pontos do perfil (E) foram realizados em distintas áreas da concha, de forma que a comparação dos sinais em relação a mudança de camada não foi considerada nesse perfil.

Figura 98 - Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (18)



Fonte: O autor, 2016.

5.19 Concha (19): *Chione paphia*

A composição isotópica registrada nos perfis da concha (19) está descrita na Tabela 22, ao todo, foram realizados 40 pontos amostrais, distribuídos em quatro perfis.

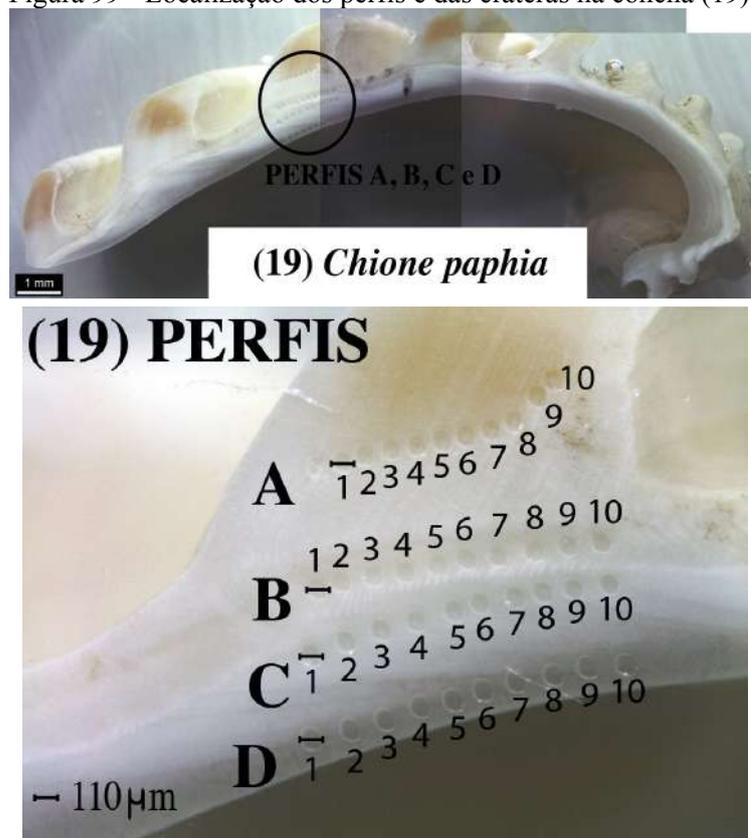
Tabela 22 – composição isotópica determinada nos perfis da concha (19)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	36.713	16.248	17.500	2.076	1.083
02A	38.602	17.136	18.432	2.083	1.072
03A	39.801	17.722	19.166	2.085	1.076
04A	38.255	17.091	18.157	2.116	1.062
05A	38.191	17.040	18.231	2.090	1.073
06A	38.486	17.029	18.290	2.111	1.071
07A	39.989	17.750	19.038	2.099	1.070
08A	41.793	18.603	19.787	2.093	1.071
09A	44.433	19.738	21.308	2.088	1.082
10A	42.509	18.858	20.247	2.102	1.070
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	39.857	17.765	19.029	2.108	1.074
02B	38.042	17.000	18.091	2.098	1.077
03B	41.057	18.211	19.685	2.076	1.090
04B	37.241	16.676	17.844	2.100	1.074
05B	38.703	17.332	18.586	2.088	1.075
06B	39.312	17.436	18.757	2.095	1.078
07B	39.988	17.884	19.122	2.098	1.067
08B	41.689	18.562	19.958	2.089	1.071
09B	41.471	18.521	19.719	2.109	1.065
10B	40.968	18.280	19.610	2.092	1.074
PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	44.163	19.635	21.344	2.068	1.094
02C	37.969	16.981	18.215	2.104	1.064
03C	40.738	18.006	19.478	2.088	1.086
04C	38.046	16.852	18.188	2.093	1.079
05C	40.039	17.822	19.177	2.081	1.074
06C	39.651	17.505	19.017	2.090	1.087
07C	41.211	18.436	19.627	2.129	1.062
08C	41.620	18.595	19.991	2.074	1.081
09C	42.086	18.652	20.149	2.086	1.073
10C	41.102	18.289	19.474	2.116	1.073

PERFIL D	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01D	35.798	15.998	17.075	2.119	1.058
02D	35.804	15.931	17.193	2.096	1.074
03D	38.920	17.535	18.528	2.099	1.064
04D	37.310	16.837	18.023	2.080	1.060
05D	39.041	17.427	18.597	2.106	1.084
06D	41.667	18.712	19.953	2.105	1.075
07D	42.406	19.040	20.225	2.100	1.072
08D	40.046	17.811	19.336	2.046	1.089
09D	41.065	18.160	19.684	2.091	1.083
10D	41.554	18.432	20.091	2.082	1.082

Os pontos amostrais do perfil (A) ocorreram na camada externa, os de (B) na camada intermediária, enquanto os pontos de (C) e (D) na camada interna, os pontos amostrais dos quatro perfis foram realizados próximos entre si, na mesma região da concha. (Figura 99).

Figura 99 - Localização dos perfis e das crateras na concha (19)

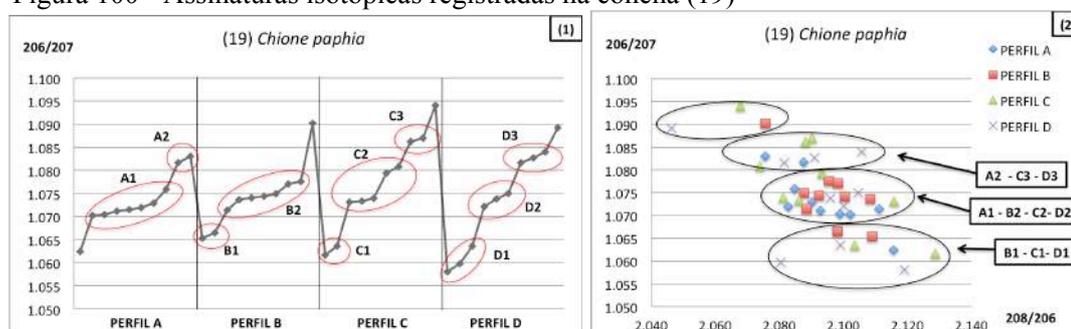


Fonte: O autor, 2016.

Os resultados obtidos na razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ variaram entre 1,058 e 1,094, e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, entre 2,046 e 2,129, Figura 100. Quando os valores foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, observou-se distintos agrupamentos, nos seguintes intervalos:

A1: 1,070 – 1,076 **B1:** 1,065 – 1,067 **C1:** 1,062 – 1,064 **D1:** 1,058 – 1,064
A2: 1,082 – 1,083 **B2:** 1,071 – 1,078 **C2:** 1,073 – 1,081 **D2:** 1,072 – 1,075
C3: 1,086 – 1,087 **E1:** 1,082 – 1,084

Figura 100 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (19)



Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

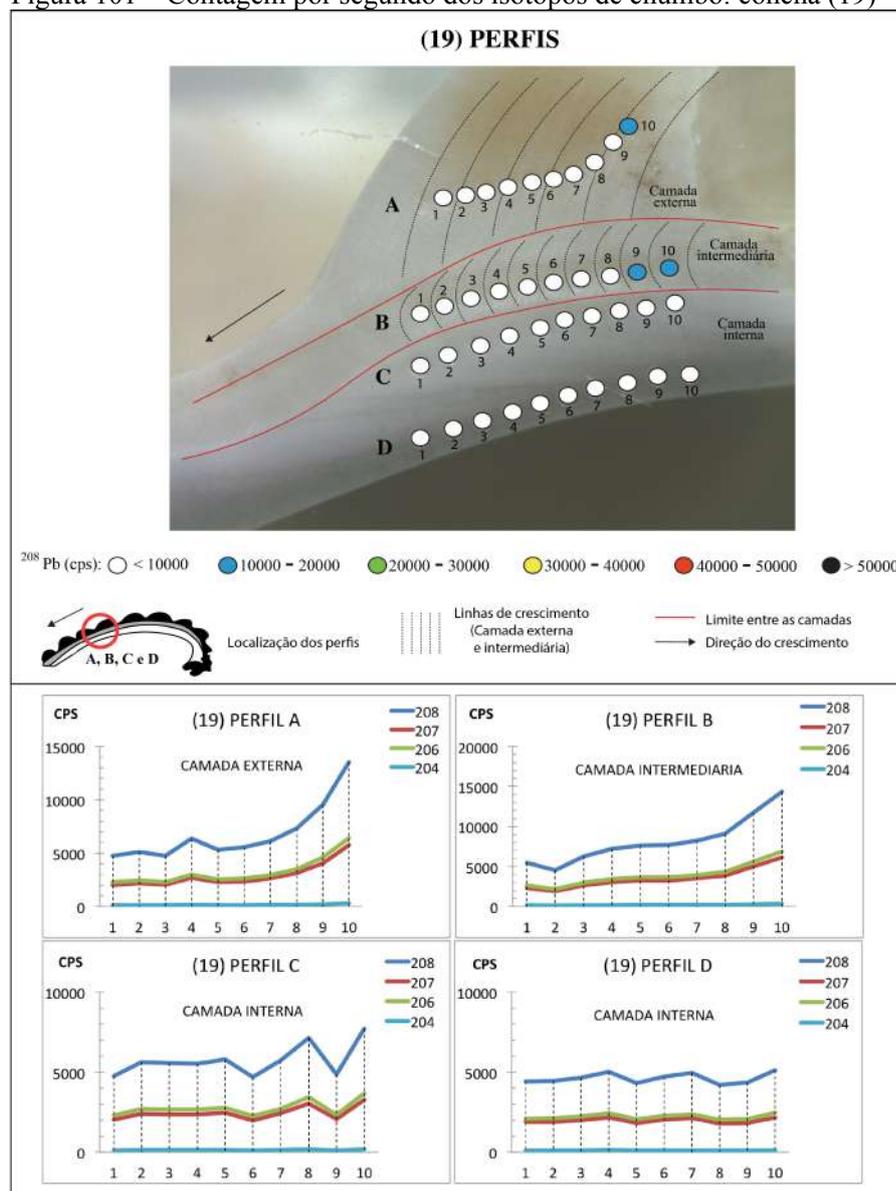
Fonte: O autor, 2016.

Quando os resultados foram plotados no segundo gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ observou-se que os dados agruparam-se em quatro distintas áreas, provavelmente, representando a mistura de distintas assinaturas isotópicas, provenientes de diferentes fontes de chumbo.

A intensidade do sinal reportada para os perfis da concha (19) é apresentada na Figura 101. Os pontos do perfil (A) foram realizados na camada externa, os pontos de (B) na camada intermediária, enquanto (C) e (D) na camada interna. Os perfis (A) e (B) reportaram comportamentos similares, nos quais os sinais mais intensos foram registrados em (B), na camada intermediária; no perfil (A), camada externa, observou-se valor máximo de 13547 cps – ^{208}Pb , enquanto que no perfil (B), camada intermediária, registrou valor máximo de 14336 cps – ^{208}Pb . Já o perfil (C) apresentou a curva com outro comportamento, quando comparado com a curva gerada nos perfis (A) e (B); o valor máximo registrado nesse perfil (camada interna) foi de 7723 cps – ^{208}Pb . No perfil (D), onde as análises também ocorreram na camada interna, observou-se que os sinais apresentaram valores constantes ao longo de todo perfil, com valores médios de 4500 cps – ^{208}Pb . Assim como ocorreu com a concha (18), os

pontos realizados na camada intermediária registraram sinais mais elevados quando comparados com os pontos da camada externa; enquanto na camada interna (perfil C e D) reportou sinais mais fracos.

Figura 101 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (19)



Fonte: O autor, 2016.

5.20 Concha (20): *Chione paphia*

A composição isotópica registrada nos perfis da concha (20) está descrita na Tabela 23, ao todo, 30 pontos amostrais foram realizados, distribuídos em três perfis.

Tabela 23 – composição isotópica determinada nos perfis da concha (20)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	38.782	16.847	19.157	2.026	1.154
02A	32.299	14.195	15.989	2.045	1.070
03A	27.618	12.078	13.622	2.027	1.129
04A	30.198	13.295	14.890	2.049	1.120
05A	34.257	15.182	16.752	2.062	1.098
06A	25.921	11.603	12.975	2.035	1.107
07A	38.522	16.728	18.562	2.055	1.108
08A	35.156	15.676	17.335	2.074	1.110
09A	36.725	16.118	17.989	2.055	1.115
10A	39.451	17.415	19.680	2.035	1.122
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	40.951	18.086	20.291	2.007	1.117
02B	34.210	15.152	16.813	2.040	1.114
03B	32.830	14.546	16.298	2.045	1.108
04B	40.454	17.896	19.968	2.045	1.128
05B	35.702	15.466	16.358	2.014	1.150
06B	29.789	13.429	14.522	2.023	1.128
07B	32.346	14.075	15.651	2.063	1.125
08B	32.476	14.482	16.416	2.010	1.151
09B	32.033	14.173	15.988	1.980	1.135
10B	33.009	14.289	16.428	1.989	1.145
PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	32.320	14.072	16.038	2.060	1.162
02C	39.609	17.078	19.520	2.058	1.140
03C	43.184	19.245	21.625	2.014	1.135
04C	38.548	16.919	19.101	2.012	1.130
05C	38.961	17.362	19.396	2.003	1.135
06C	33.046	14.472	16.590	2.013	1.131
07C	37.834	16.454	18.494	2.045	1.123
08C	45.964	20.060	22.745	2.022	1.138
09C	37.586	16.598	18.466	2.053	1.106
10C	36.621	16.087	18.151	1.997	1.132

A concha (20) pertence a espécie *Chione paphia*, três camadas formam a concha. As amostragens foram realizadas paralelas entre si, de modo que os pontos do perfil (A) foram realizados na camada externa; o perfil (B) na camada intermediária; e o perfil (C) na camada interna (Figura 102).

Figura 102 - Localização dos perfis e das crateras na concha (20)



Fonte: O autor, 2016.

Os resultados variaram de 1,070 – 1,162 para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, entre 1,980 e 2,074 (Figura 103). Quando os valores foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, observou-se distintos agrupamentos, identificados nos seguintes intervalos:

A1: 1,098 – 1,115

B1: 1,108 – 1,117

C1: 1,130 – 1,138

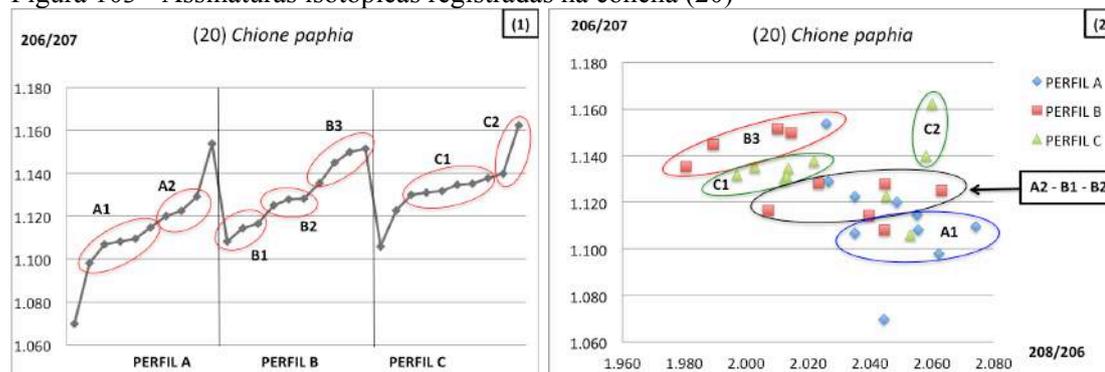
A2: 1,120 – 1,129

B2: 1,125 – 1,128

C2: 1,140 – 1,162

B3: 1,135 – 1,151

Figura 103 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (20)



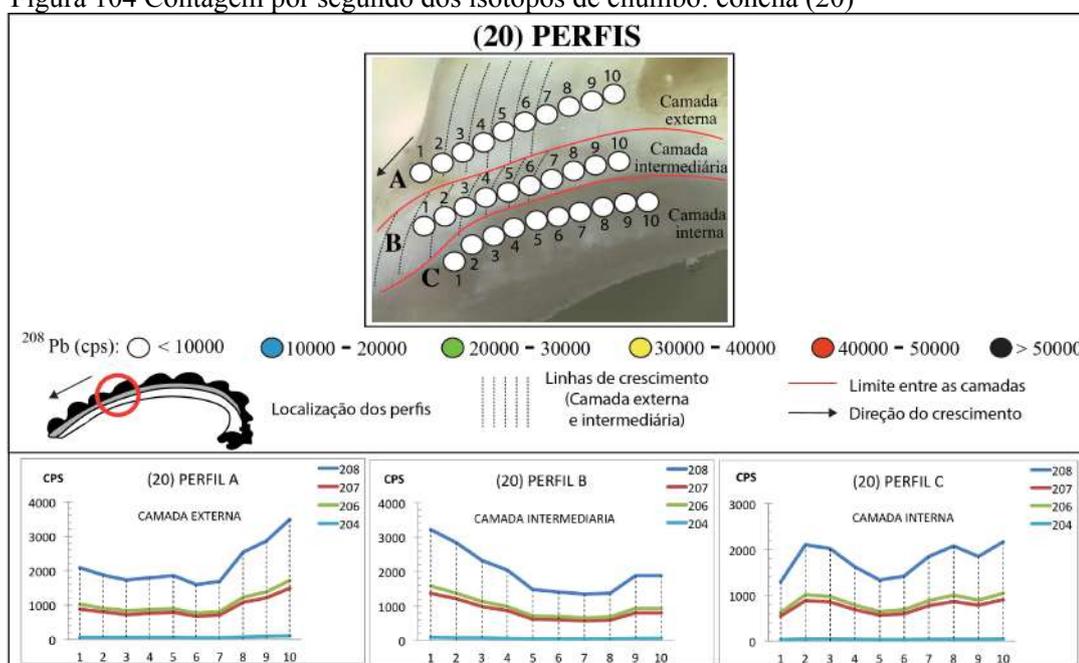
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os resultados foram plotados no segundo gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ observou-se que os dados agruparam-se em cinco áreas distintas.

A intensidade do sinal registrada nos perfis da concha 20 é apresentada na Figura 104. Os perfis foram realizados em distintas camadas, o perfil (A) na camada externa, (B) na camada intermediária, (C) na camada interna. Os perfis (A) e (B), reportaram sinais mais intensos que (C), os valores máximos registrados em (A), (B) e (C) foram: 3484; 3225; e 2165 cps - ^{208}Pb , respectivamente. Apesar de pertencer a mesma espécie das conchas (18) e (19), nessa amostra não observou-se o mesmo comportamento das duas anteriores, nas quais os sinais mais intensos ocorreram na camada intermediária.

Figura 104 Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (20)



Fonte: O autor, 2016.

5.21 Concha (21): *Mactra janeiroensis*

A composição isotópica obtida nos perfis da concha (21) está descrita na Tabela 24, ao todo, 30 pontos amostrais foram realizados, distribuídos em três perfis.

Tabela 24 – composição isotópica determinada nos perfis a concha (21)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	41.773	18.728	20.049	2.069	1.094
02A	36.285	16.173	17.581	2.081	1.097
03A	38.294	17.235	18.241	2.098	1.058
04A	41.239	18.451	19.677	2.096	1.071
05A	41.985	18.796	20.049	2.094	1.067
06A	43.537	19.578	20.813	2.092	1.064
07A	41.934	18.758	20.034	2.095	1.068
08A	43.984	19.653	20.877	2.101	1.064
09A	39.707	17.801	18.980	2.093	1.068
10A	42.239	18.948	20.188	2.091	1.063
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	40.106	17.969	19.373	2.079	1.084
02B	41.471	18.776	19.981	2.105	1.063
03B	40.909	18.344	19.473	2.109	1.056
04B	40.434	18.012	19.398	2.094	1.076
05B	40.607	18.252	19.469	2.102	1.073
06B	41.981	18.773	20.108	2.096	1.074
07B	41.094	18.357	19.625	2.096	1.070
08B	42.349	18.988	20.245	2.095	1.069
09B	43.787	19.610	21.037	2.086	1.076
10B	42.191	18.905	20.224	2.090	1.069
PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	37.443	16.697	17.880	2.096	1.063
02C	34.601	15.261	16.415	2.101	1.068
03C	38.057	16.964	18.094	2.111	1.060
04C	41.456	18.610	19.755	2.104	1.065
05C	40.321	17.836	19.102	2.105	1.079
06C	39.679	17.688	19.254	2.088	1.091
07C	40.939	18.239	19.514	2.109	1.069
08C	38.816	17.320	18.399	2.103	1.074
09C	38.432	16.938	18.211	2.096	1.078
10C	42.125	18.753	20.118	2.097	1.079

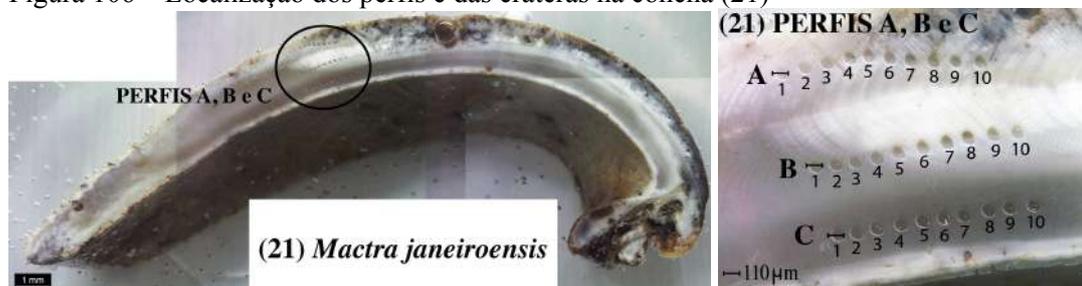
A espécie *Maetra janeiroensis* possui duas camadas na concha, Figura 105. Os pontos amostrais dos perfis (A) e (B) ocorreram na camada externa, enquanto o perfil (C) na camada interna (Figura 106).

Figura 105 – Desenho esquemático da concha de *Maetra janeiroensis* e as duas camadas



Fonte: O autor, 2016.

Figura 106 – Localização dos perfis e das crateras na concha (21)



FONTE: O AUTOR, 2016

Os resultados variaram de 1,056 – 1,097 para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, e para a razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, entre 2,069 e 2,111, (Figura 107). Quando os valores foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, observou-se um agrupamento principal para cada perfil:

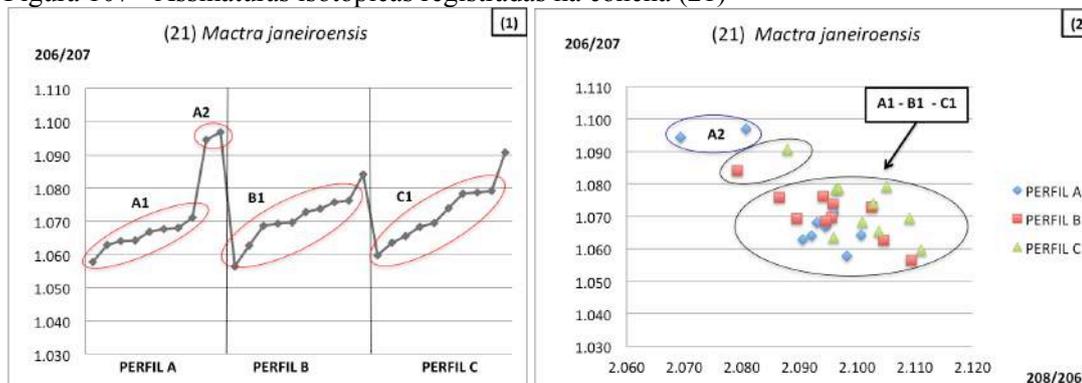
A1: 1,098 – 1,115

B1: 1,108 – 1,117

C1: 1,130 – 1,138

A2: 1,120 – 1,129

Figura 107 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (21)



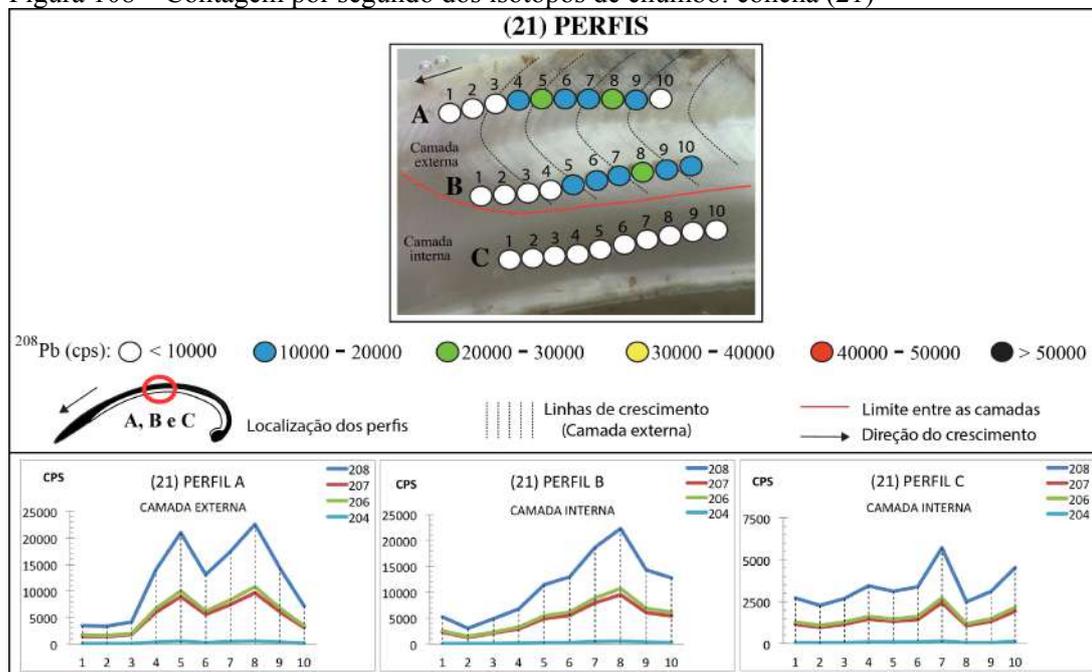
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os resultados foram plotados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ observou-se que os grupos A1, B1 e C1 agruparam-se numa mesma área do gráfico, com composições isotópicas similares, provavelmente estes devem ter sua origem numa fonte comum, enquanto que A2 apresentou outra configuração, reportando uma assinatura mais radiogênica o que pode representar outra fonte com características radiogênicas.

A intensidade do sinal registrada para os perfis da concha (21) é apresentada na Figura 108. Os perfis (A) e (B) foram realizados na camada externa, e (C) na camada interna. Nos perfis (A) e (B) os sinais foram mais intensos comparados com (C), os valores máximos registrados nos perfis (A) e (B) foram 22609 e 22310 cps - ^{208}Pb , respectivamente. Enquanto que no perfil (C) o valor máximo foi de 5706 (cps) para o mesmo isótopo. Nessa amostra, nota-se que a camada externa, registrou sinais mais intensos do que a interna.

Figura 108 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (21)



Fonte: O autor, 2016.

5.22 Concha (22): *Tivela mactroides*

A composição isotópica obtida nos perfis da concha (22) está descrita na Tabela 25, ao todo foram realizados 20 pontos amostrais, distribuídos em dois perfis.

Tabela 25 – composição isotópica determinada nos perfis da concha (22)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	41.027	18.741	20.743	1.998	1.105
02A	37.990	17.161	19.164	1.995	1.123
03A	41.950	19.012	20.852	2.002	1.097
04A	41.047	18.726	20.500	1.997	1.101
05A	38.502	17.287	19.174	2.024	1.105
06A	40.076	17.994	19.958	2.007	1.105
07A	37.609	16.869	18.650	2.019	1.109
08A	40.353	18.113	20.158	2.007	1.111
09A	39.372	17.825	19.517	2.006	1.098
10A	37.318	16.847	18.392	2.024	1.093
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	41.453	18.598	20.755	2.001	1.116
02B	40.667	18.323	20.301	2.001	1.107
03B	41.665	18.729	20.802	2.001	1.111
04B	40.325	18.048	20.115	2.012	1.101
05B	41.336	18.449	20.668	2.000	1.123
06B	40.610	18.239	20.234	2.008	1.108
07B	41.692	18.642	20.779	2.006	1.114
08B	40.379	18.096	20.177	2.001	1.113
09B	40.375	18.142	20.151	1.998	1.109
10B	41.591	18.494	20.807	2.004	1.119

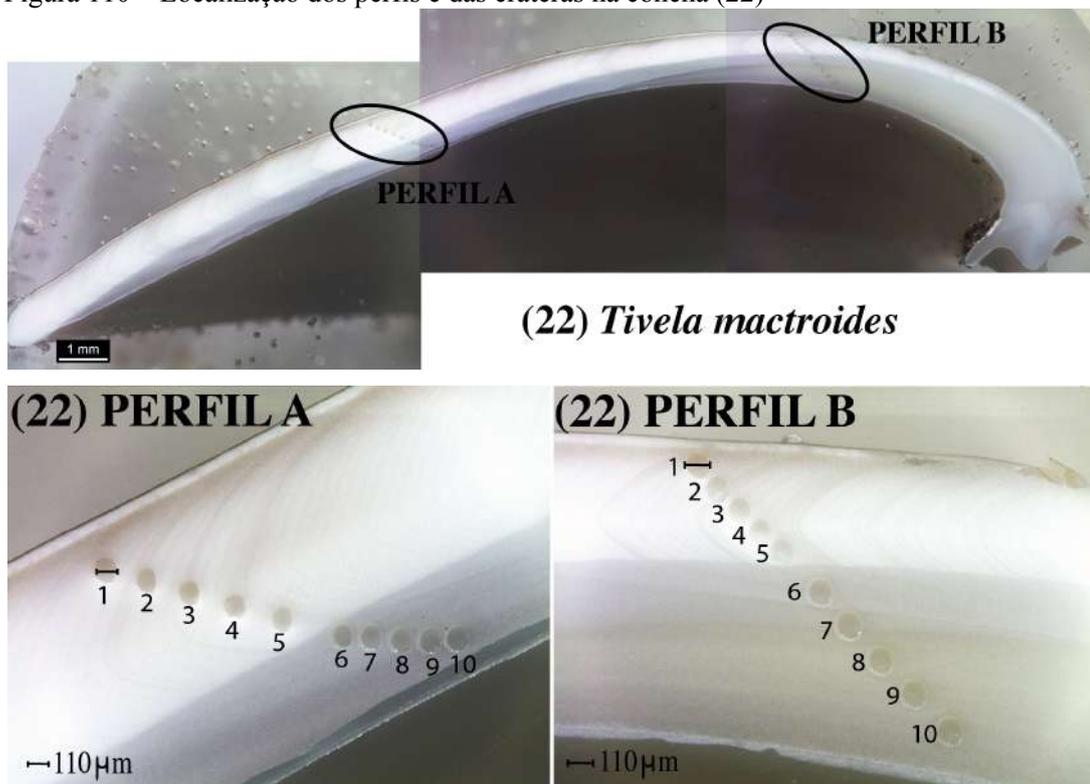
Tivela mactroides possui três camadas, Figura 109. As análises ocorreram da seguinte forma: no perfil (A) 5 pontos na camada externa e 5 na intermediária; e no perfil (B), 5 pontos na camada externa, 1 na camada intermediária e 4 na camada interna (Figura 110).

Figura 109 – Desenho esquemático da concha de *Tivela mactroides* e as três camadas



Fonte: O autor, 2016.

Figura 110 – Localização dos perfis e das crateras na concha (22)



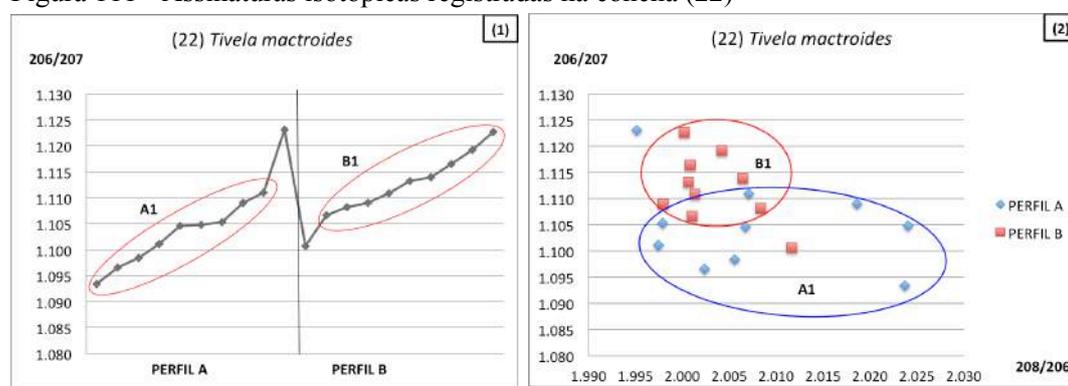
Fonte: O autor, 2016.

Os resultados variaram entre 1,093 e 1,123 para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2,069 e 2,111 (Figura 111). Quando os resultados foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, observou-se que os valores distribuíram-se, nos seguintes intervalos da razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:

A1: 1,093 – 1,111

B1: 1,101 – 1,123

Figura 111 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (22)



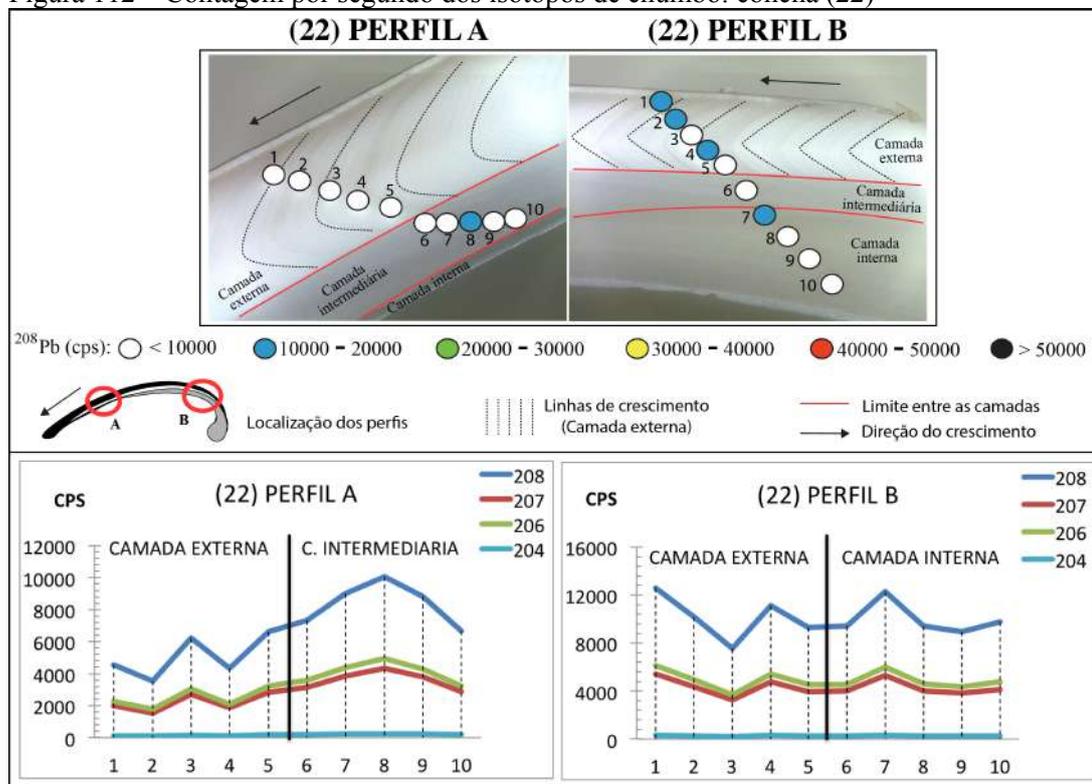
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$

FONTE: O AUTOR, 2016

Quando os resultados foram plotados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que os dados do perfil (A) foram mais dispersos em relação aos valores do perfil (B), sugerindo uma mistura de componentes em (A), provavelmente com origens em várias fontes com distintas composições isotópicas.

A intensidade do sinal registrada nos perfis da concha (22) é apresentada na Figura 112. O perfil (B) reportou sinais mais intensos que o perfil (A), com a maior intensidade registrada em 12593 (cps) para ^{208}Pb , na camada externa (no perfil B), enquanto que no perfil (A) os sinais mais intensos foram na camada intermediária, onde observou-se um pico de 10079 (cps) para o mesmo isótopo.

Figura 112 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (22)



FONTE: O autor, 2016.

5.23 Concha (23): *Pitar circinatus*

Os valores da composição isotópica obtidos nos perfis da concha (23) estão descritas na Tabela 26, ao todo 30 pontos amostrais foram analisados, distribuídos em três perfis.

Tabela 26 – composição isotópica determinada nos perfis da concha (23)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	44.126	19.716	20.833	2.116	1.059
02A	43.529	19.497	20.617	2.116	1.061
03A	46.734	20.934	21.936	2.133	1.049
04A	43.367	19.315	20.600	2.104	1.068
05A	40.559	18.040	19.142	2.119	1.061
06A	48.504	21.420	23.034	2.104	1.075
07A	42.298	18.793	20.122	2.100	1.071
08A	41.720	18.569	20.044	2.089	1.079
09A	46.264	20.760	21.877	2.122	1.060
10A	40.191	18.088	18.777	2.129	1.049

PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	41.588	18.547	19.630	2.119	1.059
02B	43.462	19.447	20.496	2.120	1.056
03B	45.332	20.277	21.552	2.104	1.062
04B	42.177	18.790	19.927	2.117	1.060
05B	43.565	19.500	20.658	2.110	1.059
06B	42.160	18.720	20.078	2.101	1.069
07B	45.713	20.618	21.626	2.123	1.048
08B	46.451	20.646	22.067	2.105	1.069
09B	42.419	18.849	20.236	2.100	1.072
10B	45.822	20.542	21.835	2.095	1.065

PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	43.857	19.596	20.763	2.106	1.063
02C	47.250	21.228	22.648	2.095	1.062
03C	43.000	19.295	20.545	2.094	1.066
04C	41.840	18.677	19.976	2.091	1.068
05C	44.975	19.864	21.517	2.098	1.078
06C	41.069	18.373	19.544	2.111	1.060
07C	42.218	18.678	20.011	2.108	1.073
08C	42.739	19.072	20.245	2.108	1.062
09C	41.518	18.517	19.813	2.100	1.071
10C	42.224	18.945	20.308	2.081	1.075

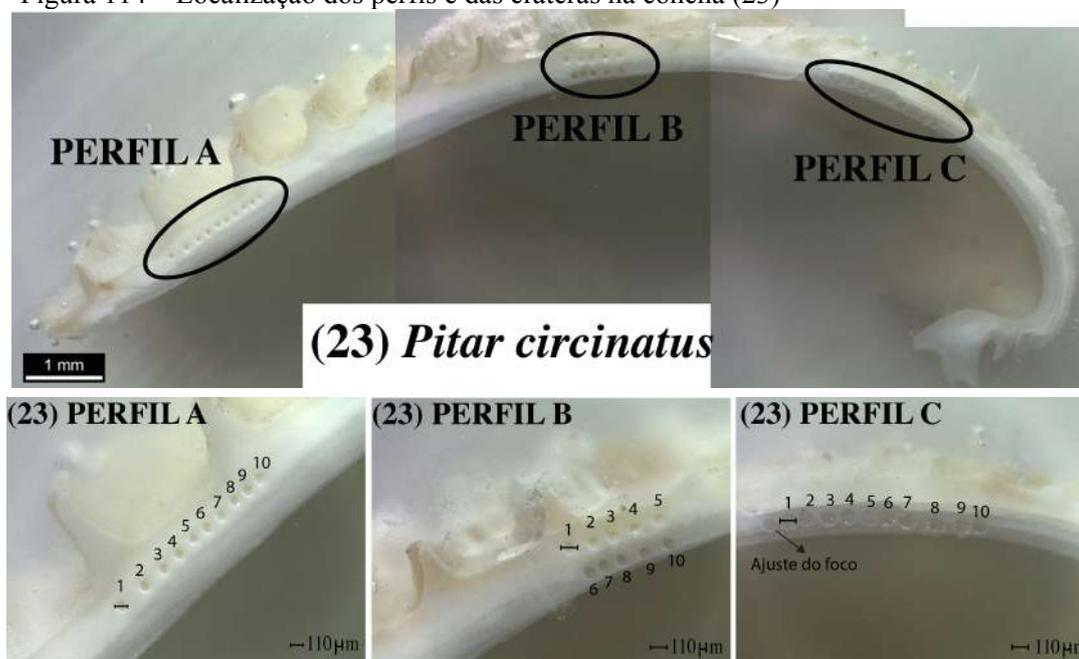
Figura 113 – Desenho esquemático da concha de *Pitar circinatus* e as três camadas



Fonte: O autor, 2016.

A espécie *Pitar circinatus* possui duas camadas compondo a concha: interna e externa Figura 113. O perfil (A), realizado na camada externa; o perfil (B) na parte central da concha, com 5 pontos realizados na camada externa e 5 na camada intermediária; e o perfil (C) próximo ao umbo, com 10 pontos amostrais na camada externa (Figuras 114).

Figura 114 – Localização dos perfis e das crateras na concha (23)



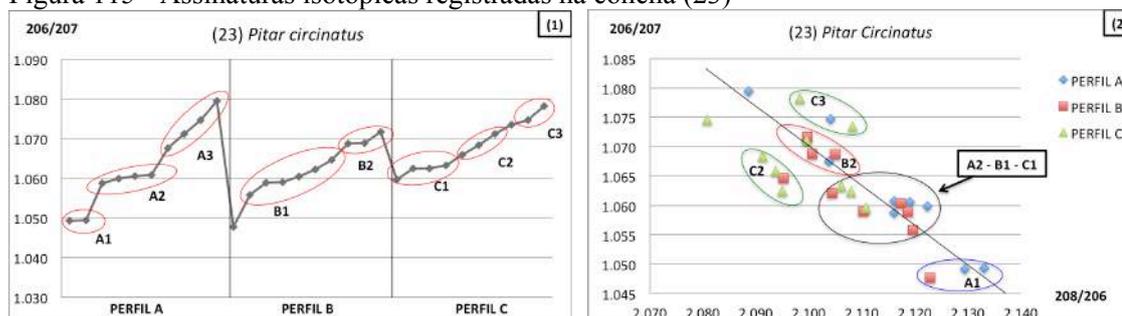
Fonte: O autor, 2016.

Os valores obtidos para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ variaram entre 1,049 e 1,079; e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2,081 e 2,133 (Figura 115). Interpretando o histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ e a curva

gerada m cada perfil, observa-se oito grupos, identificados nos seguintes intervalos da razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:

A1: 1,049 – 1,050	B1: 1,056 – 1,065	C1: 1,060 – 1,063
A2: 1,059 – 1,061	B2: 1,069 – 1,072	C2: 1,066 – 1,071
A3: 1,068 – 1,079		C3: 1,071 – 1,078

Figura 115 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (23)



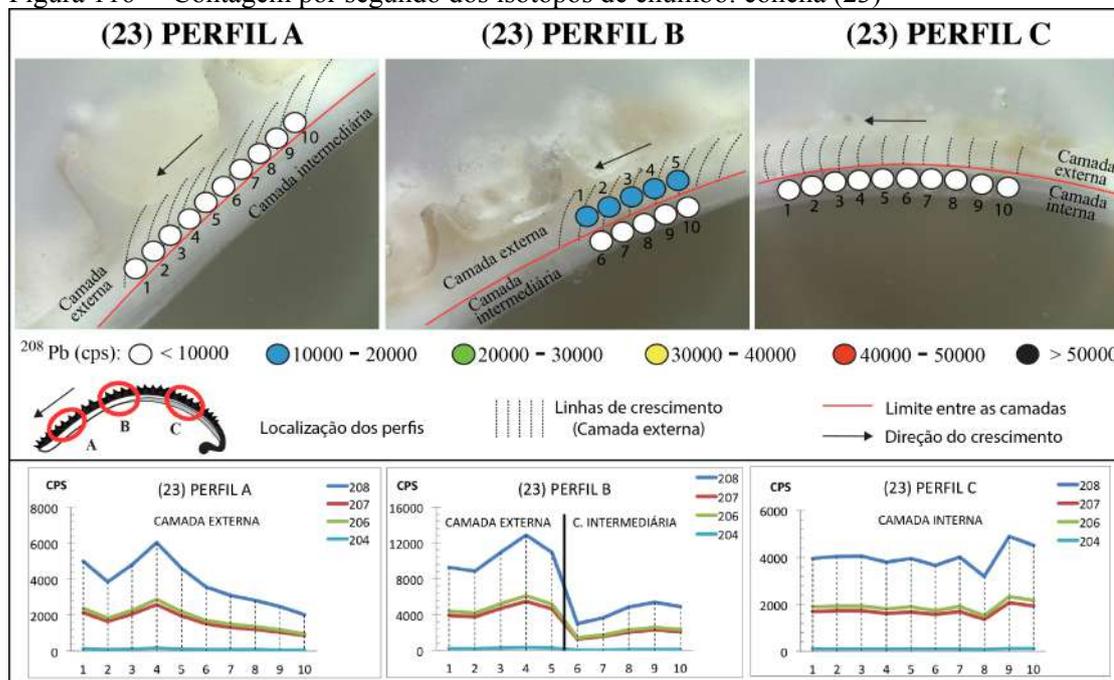
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os dados foram correlacionados no segundo gráfico ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) observa-se que o grupo A1 e um ponto do perfil (B) apresentaram configuração distinta dos demais, provavelmente pertencem a uma mesma fonte menos radiogênica. Os grupos A2, B1 e C1 aparentam pertencer a uma mesma família de assinatura isotópica. Enquanto que o grupo A3, apresentou valores dispersos no segundo gráfico, reportando diferentes composições isotópicas, sugerindo que A3 deve representar uma mistura de distintas fontes. Observou-se ainda no segundo gráfico uma tendência linear entre os pontos pertencentes aos grupos: A1, A2, B1, B2 e C1, corroborando a interpretação da mistura de componentes, provenientes de distintas fontes.

A intensidade do sinal registrado nos perfis da concha (23) é apresentada na Figura 116. O perfil (A) apresentou um pico de 6041 (cps) para ^{208}Pb ; já o perfil (C), obteve valores médios da ordem de 4000 (cps) para o mesmo isótopo. Enquanto no perfil (B), notou-se a variação dos sinais associada a mudança de camada, onde a camada externa registrou os sinais mais intensos quando comparados com a camada intermediária, o valor máximo registrado na camada externa foi de 12856 cps - ^{208}Pb e na camada intermediária 5393 cps - ^{208}Pb .

Figura 116 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (23)



Fonte: O autor, 2016.

5.24 Concha (24): *Pitar circinatus*

Os valores da composição isotópica registrados nos perfis da concha (24) estão descritas na Tabela 27. Nessa amostra foram examinados 20 pontos distribuídos em dois perfis.

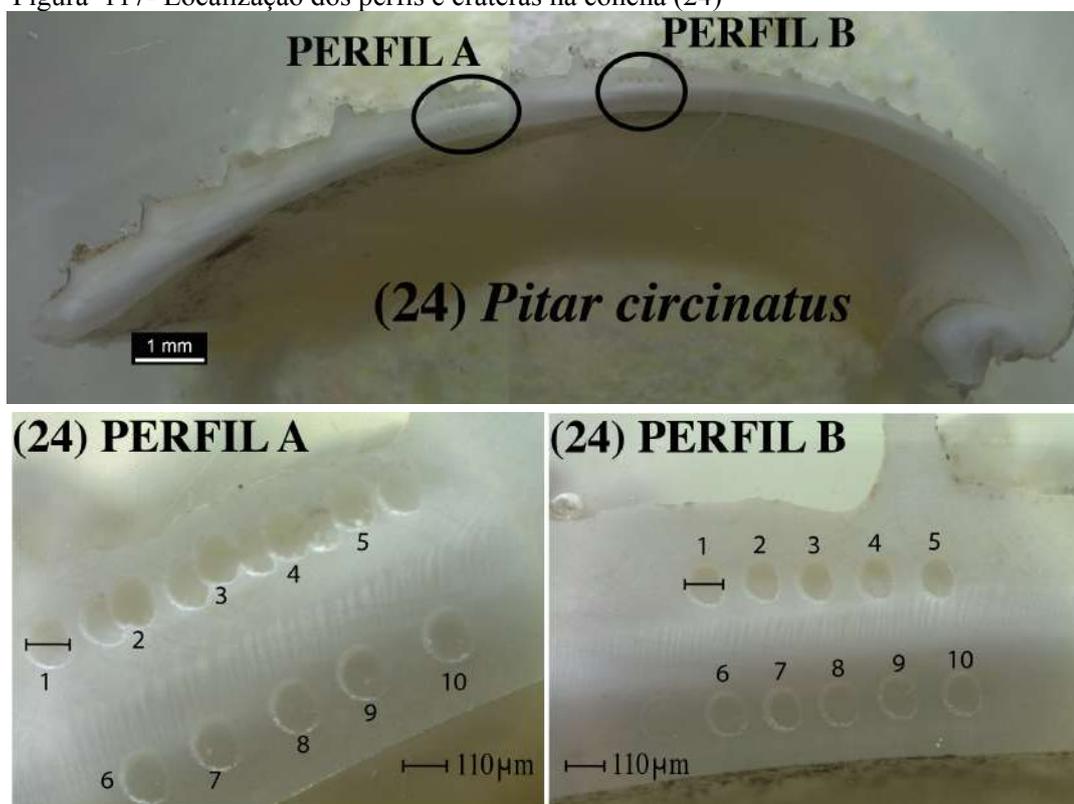
Tabela 27 – composição isotópica determinada nos perfis da concha (24)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	40.149	17.951	19.616	2.044	1.091
02A	41.965	18.975	20.677	2.034	1.089
03A	41.747	18.836	20.460	2.043	1.092
04A	40.124	17.956	19.601	2.035	1.100
05A	41.998	18.799	20.620	2.036	1.096
06A	41.644	18.830	20.335	2.045	1.095
07A	40.716	18.210	20.036	2.037	1.086
08A	44.154	19.811	21.617	2.040	1.099
09A	40.795	18.117	19.829	2.049	1.097
10A	40.659	18.025	19.885	2.042	1.100

PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	41.284	18.361	20.372	2.028	1.105
02B	41.015	18.251	20.179	2.039	1.104
03B	41.154	18.354	20.300	2.031	1.104
04B	42.149	18.743	20.685	2.038	1.109
05B	42.632	18.955	21.061	2.027	1.105
06B	41.089	18.020	20.009	2.040	1.103
07B	41.793	18.631	20.764	2.035	1.109
08B	41.281	18.285	20.301	2.037	1.105
09B	40.213	17.805	19.743	2.038	1.115
10B	43.286	19.516	21.334	2.039	1.110

Na concha (24), os pontos amostrais do perfil (A) foram realizados nas duas camadas, externa e interna, com 5 pontos em cada camada; e o perfil (B), da mesma forma, 5 pontos na camada externa e 5 na interna (Figuras 117)

Figura 117- Localização dos perfis e crateras na concha (24)



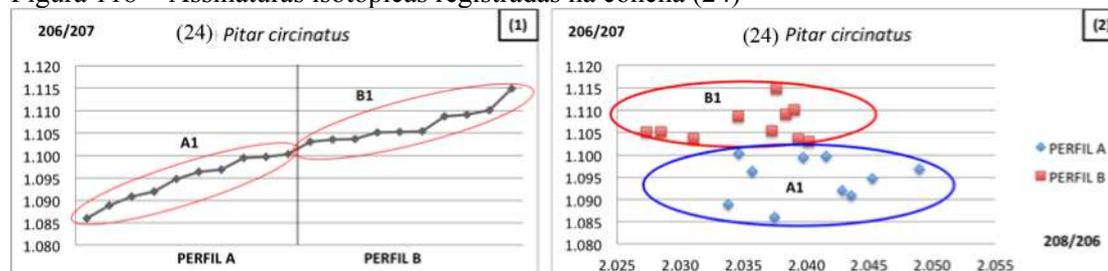
Fonte: O autor, 2016.

Os valores obtidos para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ variaram entre 1,086 e 1,115; e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2,027 e 2,049. Observa-se no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, Figura 118, dois agrupamentos identificados nos seguintes intervalos da razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$:

A1: 1,086 – 1,100

B1: 1,103 – 1,115

Figura 118 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (24)



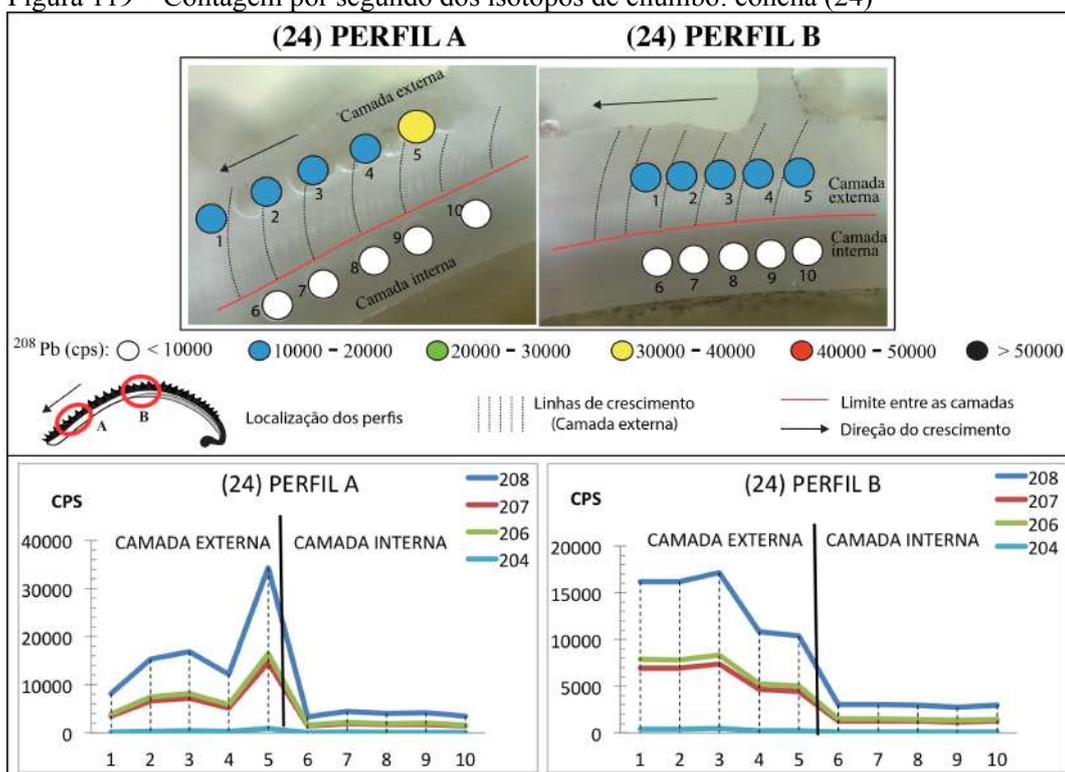
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os dados foram correlacionados no segundo gráfico ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) observou-se um agrupamento principal para cada perfil, nos quais os grupos A1 e B1 reportaram diferentes composições isotópicas, sugerindo distintas fontes. Observou-se ainda que A1 possivelmente está associado a uma fonte menos radiogênica.

A intensidade dos sinais registrada nos perfis da concha (24) é apresentada na Figura 119. O perfil (A) apresentou um pico de 34201 (cps) para ^{208}Pb , enquanto o perfil (B) obteve valor máximo em 17150 (cps) para o mesmo isótopo. Em ambos os perfis, observou-se uma variação significativa associada a mudança de camada, onde os pontos que examinaram a camada externa reportaram sinais mais intensos. No perfil (B), por exemplo, os sinais variaram de 17000 (cps) na camada externa e 3000 (cps) na camada interna.

Figura 119 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (24)



Fonte: O autor, 2016

5.25 Concha (25): *Pitar circinatus*

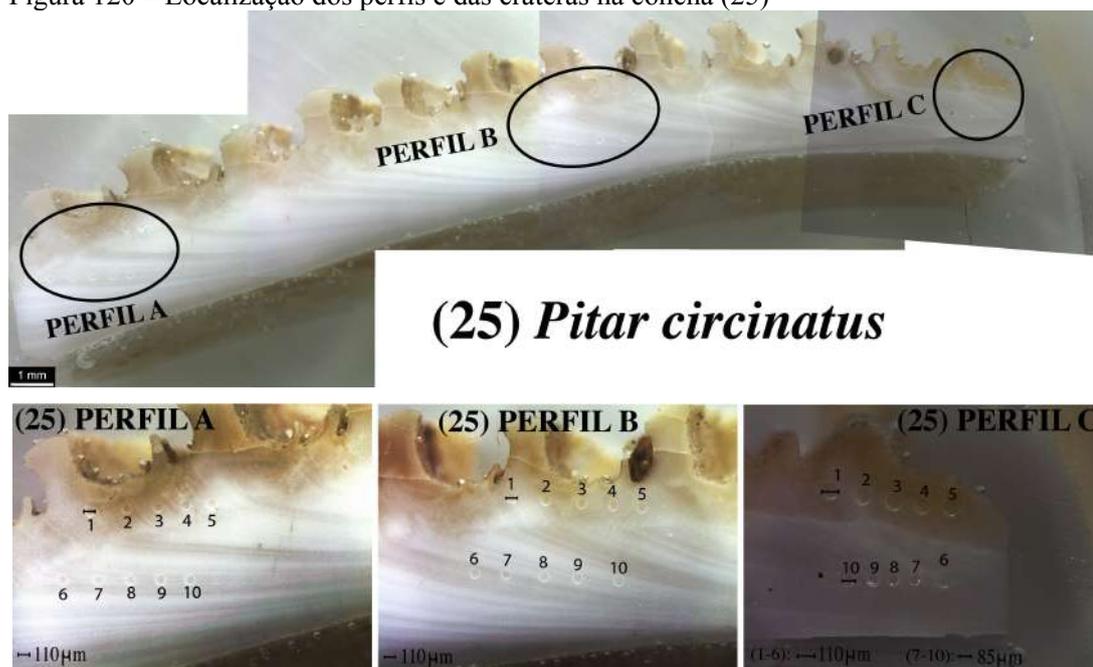
A composição isotópica registrada nos perfis da concha (25) está descrita na Tabela 28, ao todo, 30 pontos amostrais foram analisados, distribuídos em três perfis.

Tabela 28 – Composição isotópica determinada nos perfis da concha (25)

PERFIL A	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01A	41.312	18.733	20.352	2.033	1.088
02A	41.766	18.739	20.348	2.053	1.086
03A	42.689	19.171	20.964	2.038	1.094
04A	42.906	19.309	20.842	2.061	1.075
05A	43.313	19.457	21.062	2.055	1.085
06A	36.081	16.150	17.603	2.059	1.082
07A	39.443	17.679	19.405	2.043	1.093
08A	41.101	18.342	19.692	2.081	1.075
09A	44.367	19.839	21.533	2.066	1.085
10A	42.219	18.792	20.557	2.054	1.094
PERFIL B	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01B	36.948	16.607	18.119	2.034	1.095
02B	40.549	18.206	19.610	2.060	1.084
03B	40.953	18.347	19.846	2.064	1.082
04B	38.337	17.184	18.782	2.042	1.093
05B	39.335	17.679	19.130	2.058	1.085
06B	38.505	17.221	18.721	2.060	1.087
07B	40.029	17.963	19.379	2.068	1.081
08B	38.900	17.407	18.825	2.066	1.082
09B	38.576	17.278	18.660	2.068	1.081
10B	41.844	18.731	20.230	2.068	1.081
PERFIL C	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
01C	41.513	18.542	20.258	2.049	1.093
02C	38.910	17.401	18.989	2.051	1.091
03C	41.758	18.663	20.343	2.051	1.090
04C	42.095	18.835	20.415	2.062	1.085
05C	42.099	18.802	20.468	2.057	1.091
06C	39.348	17.525	19.134	2.059	1.093
07C	40.293	18.156	19.535	2.063	1.077
08C	41.264	18.197	19.993	2.066	1.099
09C	40.039	17.707	19.458	2.061	1.100
10C	42.237	18.691	20.523	2.063	1.098

Pitar circinatus possui duas camadas formando a concha, as análises ocorreram da seguinte forma: o perfil (A) com 5 pontos na camada externa e 5 na intermediária; o perfil (B) com 5 na camada externa e 5 na intermediária; (C) idem (Figura 120).

Figura 120 – Localização dos perfis e das crateras na concha (25)



Fonte: O autor, 2016.

Os resultados variaram de 1,075 – 1,100 para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 2,033 e 2,081 (Figura 121). Quando os valores foram plotados no histograma $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, observou-se distintos agrupamentos, identificados nos seguintes intervalos:

A1: 1,075 – 1,075

B1: 1,081 – 1,087

C1: 1,090 – 1,093

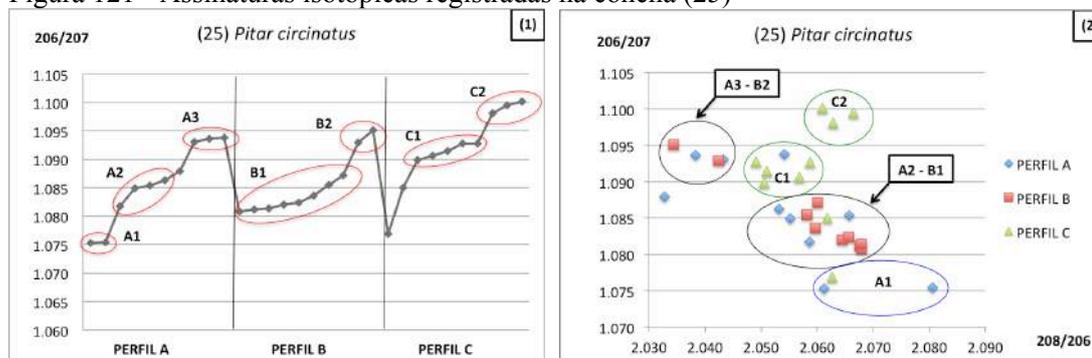
A2: 1,082 – 1,086

B2: 1,093 – 1,095

C2: 1,098 – 1,100

A3: 1,093 – 1,094

Figura 121 - Assinaturas isotópicas registradas na concha (25)



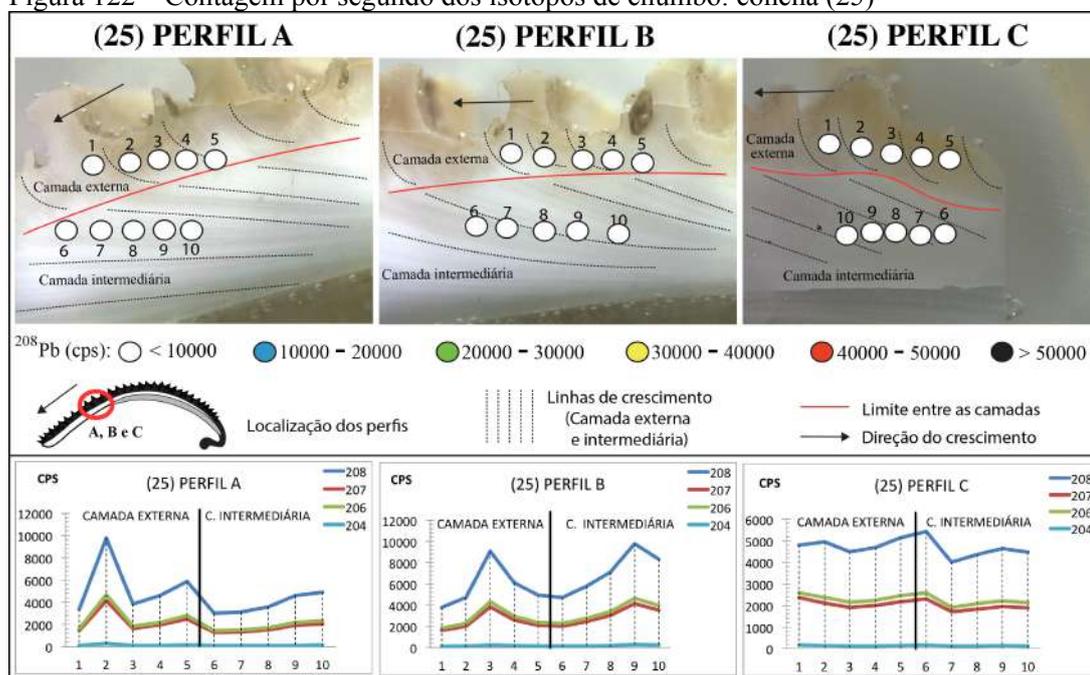
Legenda: (1) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$; (2) $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Fonte: O autor, 2016.

Quando os valores foram plotados no gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, observou-se que os grupos identificados nos perfis (A) e (B) apresentaram uma correlação entre si, notou-se que A2, B1 apresentaram composição isotópica similar, assim como ocorreu entre os grupos A3 e B2, cujos valores distribuíram-se na mesma área do gráfico. Observou-se também que os grupos reportados no perfil (C): C1 e C2, possivelmente estão associados a outras fontes mais radiogênicas.

A intensidade dos sinais registrada nos perfis da concha (25) é apresentada na Figura 122, os 3 perfis tiveram as amostragens pontuais realizadas nas camadas externa e intermediária. Observou-se que os valores reportados no perfil (B), foram mais intensos quando comparados com os sinais registrados nos perfis (C) e (A), o maior valor ocorreu na camada intermediária (9762 – cps ^{208}Pb), perfil (B), enquanto que na camada externa, nesse mesmo perfil, o valor máximo foi de 9051 cps - ^{208}Pb . Já no perfil (A) os sinais mais intensos ocorreram na camada externa, o maior valor registrado nessa camada foi de 9779 cps – ^{208}Pb , enquanto que na camada intermediária a intensidade máxima foi 4900 cps ^{208}Pb . O perfil (C) reportou sinais mais fracos quando comparado com os valores reportados em (A) e (B), observou-se no perfil (C) que os sinais comportaram-se de forma parecida nas duas camadas, com valores médios em torno de 4500 cps ^{208}Pb .

Figura 122 – Contagem por segundo dos isótopos de chumbo: concha (25)



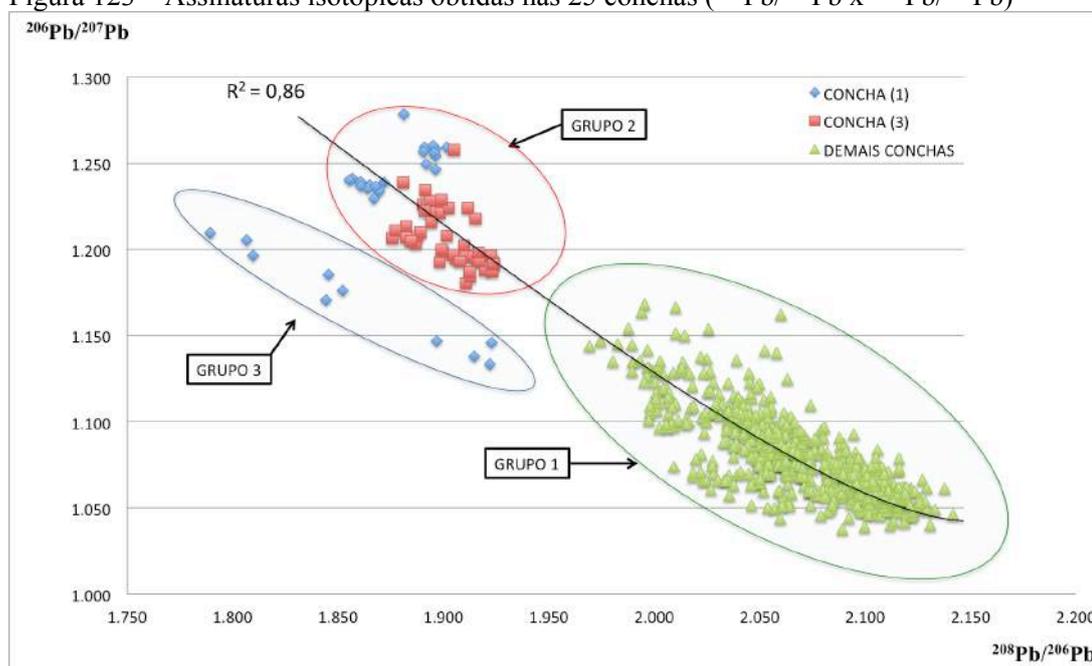
Fonte: O autor, 2016

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 ASSINATURAS ISOTÓPICAS DE CHUMBO

Em relação a composição isotópica registrada nas 25 conchas, observou-se que os resultados compreenderam-se no seguinte intervalo da razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$: entre 1,038 e 1,278; e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$: entre 1,789 e 2,142. Dessa forma, representam uma mistura de poluentes a base de chumbo, uma vez que as composições isotópicas representam distintas assinaturas. O comportamento da composição isotópica determinada nas 25 conchas pode ser visualizado na Figura 123 através do gráfico $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} \times ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

Figura 123 – Assinaturas isotópicas obtidas nas 25 conchas ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)



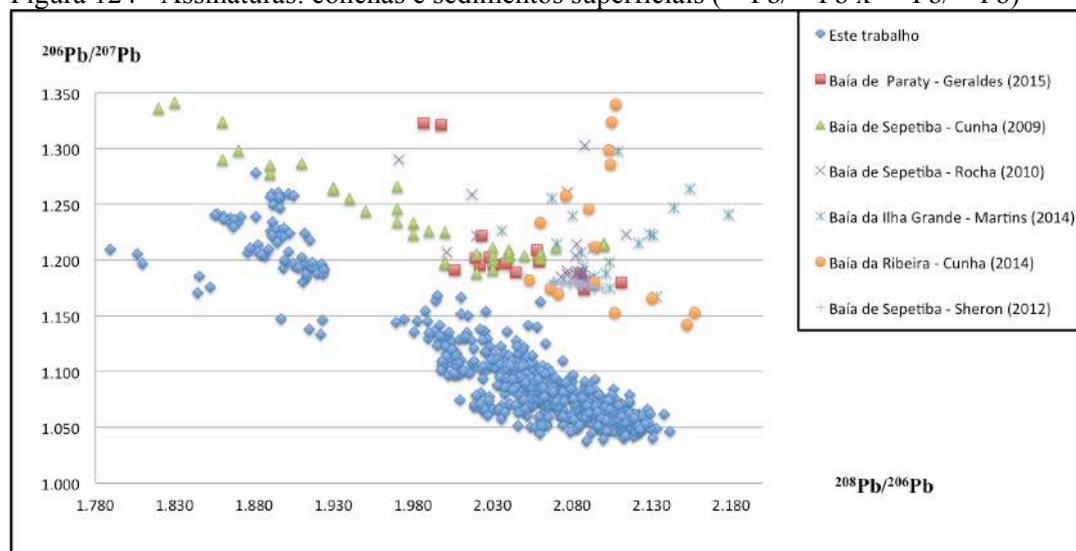
Fonte: O autor, 2016

Observa-se na figura acima uma divisão dos resultados em 3 grupos, em função das composições isotópicas. O primeiro grupo (1) composto por 23 amostras (23 conchas) no qual a composição isotópica variou entre 1,038 e 1,168 na razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 1,969 e 2,142. Considerando esse intervalo é possível sugerir que os animais estiveram expostos à fontes poluentes com as composições isotópicas pertencentes a este intervalo. O segundo grupo (2) formado por duas amostras (duas conchas): concha (1) e concha (3), os dados abrangeram para razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ o intervalo de 1,180 a 1,278 e na razão $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 1,857 e 1,923. E o terceiro grupo (3), os valores foram representados pelo intervalo: $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ entre 1,133 e 1,210 e $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ entre 1,789 e 1,923. Nota-se que o terceiro grupo (3) é formado unicamente pelos resultados obtidos no perfil (B) da concha (1).

De maneira geral, observa-se que os valores reportados para a composição isotópica das 25 amostras alinham-se em um *trend* preferencial, cuja correlação entre os dados foi de 86%, com índice de correlação estabelecido pelo polinomial de ordem 2 (R^2).

O comportamento das composições isotópicas determinado nas conchas foi comparado com os valores obtidos nos sedimentos superficiais da Baía da Ilha grande e regiões próximas afim de verificar possíveis similaridades entre as assinaturas do sedimento com as registradas nas conchas (Figura 124).

Figura 124 - Assinaturas: conchas e sedimentos superficiais ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)



Fonte: O autor, 2016.

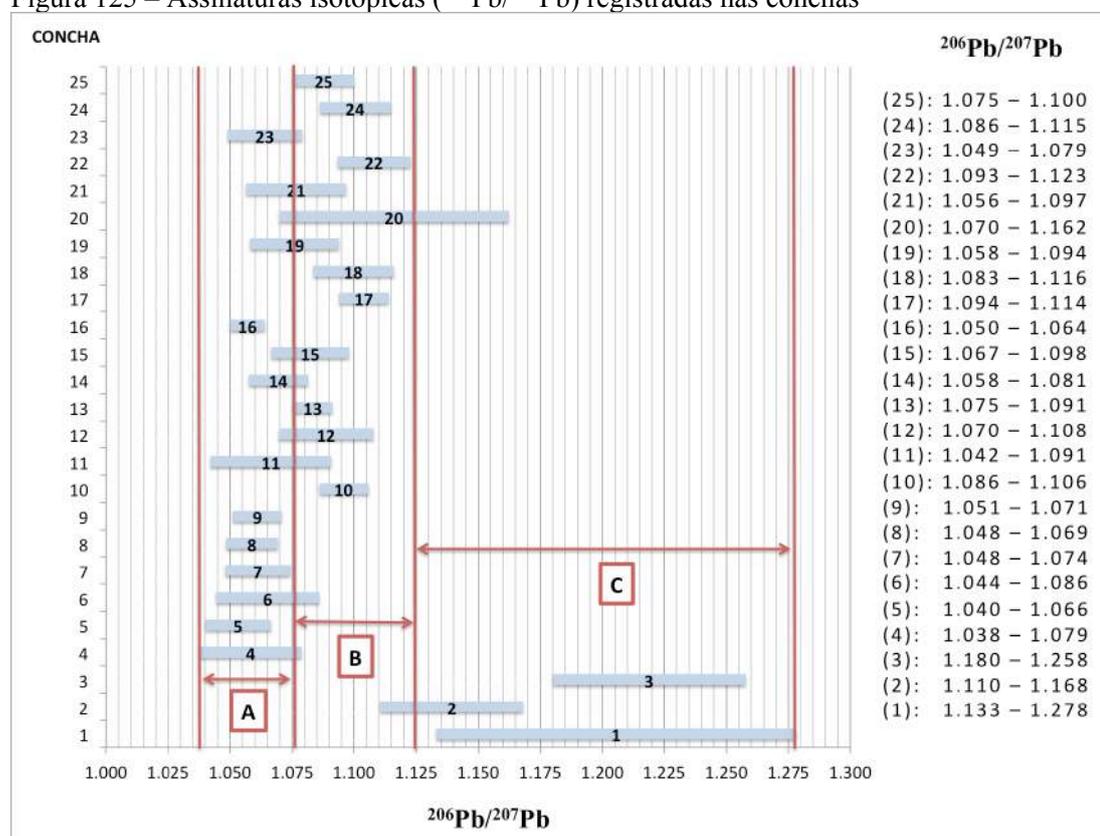
Verificou-se que as composições isotópicas determinadas nos sedimentos marinhos superficiais (da mesma região e das áreas próximas) não correlacionam-se diretamente com os obtidos nas conchas. Porém, apresentaram valores bem próximos, com comportamentos similares, os valores reportados nas conchas foram menos radiogênicos (para a razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) do que os registrados nos sedimentos. Isso sugere que os bivalves provavelmente estiveram expostos à fontes menos radiogênicas. Vale ressaltar ainda que as conchas foram coletadas sem a presença do organismo, ou seja, a morte do animal ocorreu num momento desconhecido, anterior a coleta, com as conchas permanecendo preservadas no leito marinho. Dessa forma, as assinaturas registradas nas conchas provavelmente reportam fontes que atuaram na região em um período diferente daquelas registradas no sedimento.

Deve-se considerar também os processos de aprisionamento e mistura no pacote sedimentar, além do transporte do poluente efetuado por meio das correntes marítimas, nos quais interferem no fluxo do chumbo entre os distintos compartimentos ambientais. Os bivalves, utilizados nesse experimento, vivem na interface sedimento-água, onde a concentração dos elementos da água intersticial pode ser bem diferente em relação a coluna d'água e dos sedimentos, tanto em termos de concentração dos elementos assim como em relação a composição isotópica (GUEIROS et al., 2003).

A diferença entre os dados registrados nas conchas e os reportados nos sedimentos também pode ter sido provocada pelo fracionamento das partículas durante a extração e ionização das partículas no interior do espectrômetro. Como o fator de fracionamento não foi calculado durante o experimento, não foi possível corrigir os possíveis desvios provocados na curva de calibragem.

Para melhor visualização do comportamento da razão $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$, os resultados foram plotados em um mesmo gráfico, observa-se na Figura 125, que os dados variaram no intervalo de 1,038 a 1,260 na razão: $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$.

Figura 125 – Assinaturas isotópicas ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) registradas nas conchas

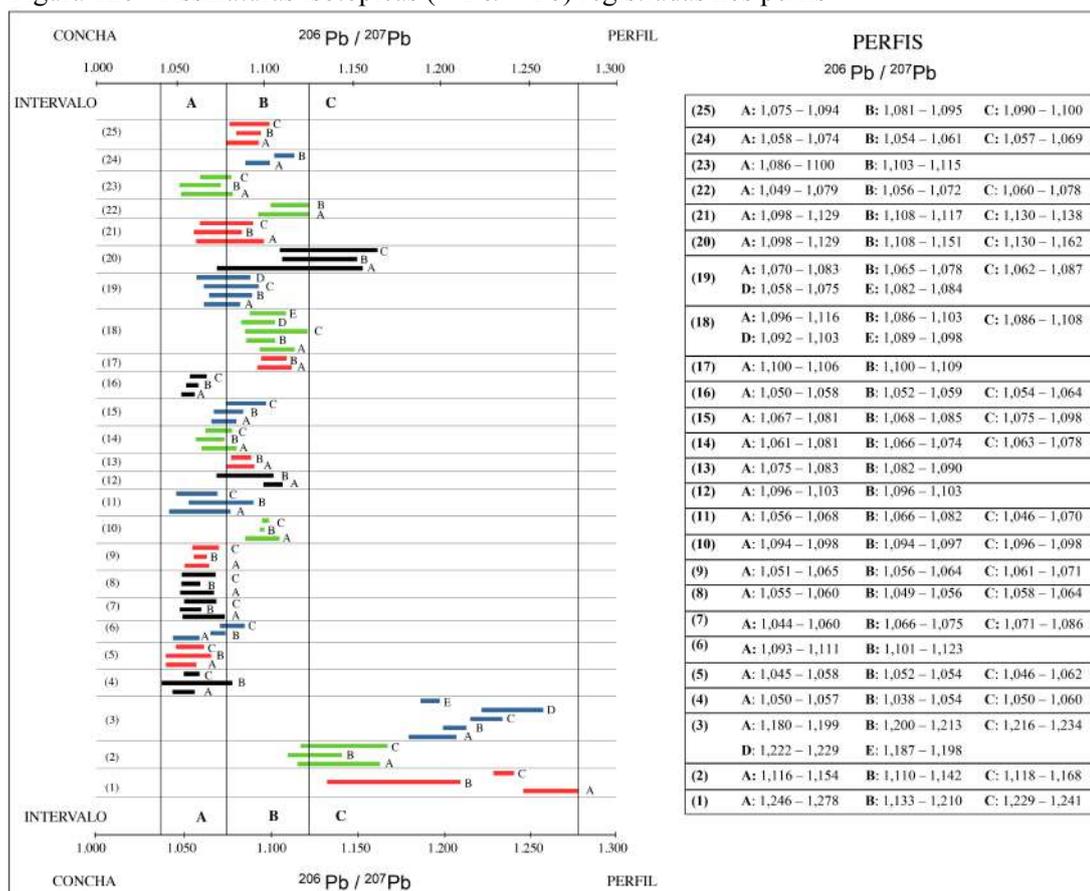


Fonte: O autor, 2016.

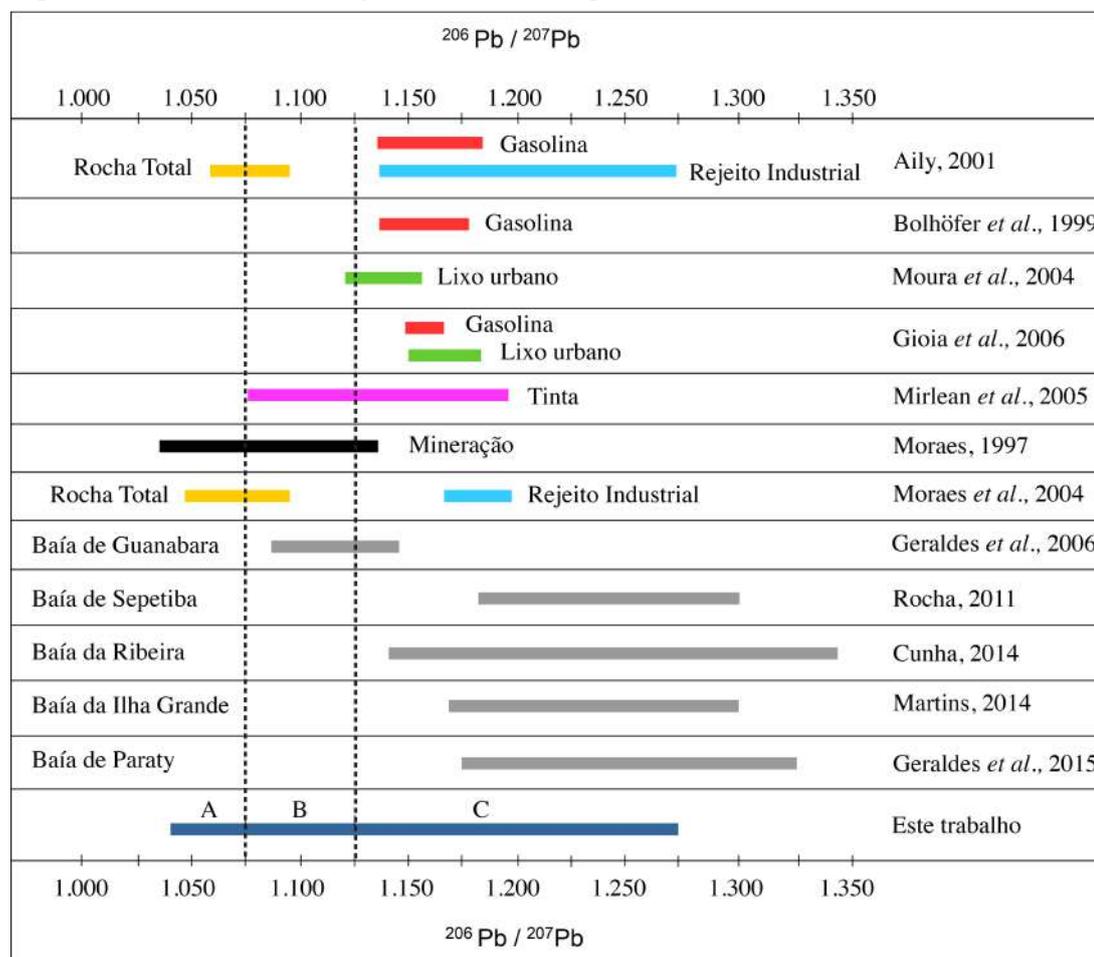
Através da Figura 126, é possível distinguir três intervalos: **A**: (1,038 – 1,075), onde 15 conchas correlacionaram-se com esse intervalo; **B**: (1,075 – 1,125), no qual 16 conchas correlacionaram-se; e **C**: (1,125 – 1,278), no qual 4 conchas compreenderam-se dentro deste intervalo mais radiogênico (Tabela 29).

Tabela 29 – Intervalos dominantes nas conchas analisadas

Intervalo	Conchas
A: (1,038 – 1,075)	(4), (5), (6), (7), (8), (9), (11), (12), (14), (15), (16), (19), (20), (21), e (23)
B: (1,075 – 1,125)	(2), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23), (24) e (25)
C: (1,125 – 1,278)	(1), (2), (3) e (20)

Figura 126 - Assinaturas isotópicas ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$) registradas nos perfis

Fonte: O autor, 2016.

Figura 127 - Assinaturas isotópicas $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ segundo diversos autores

Fonte: O autor, 2016.

Comparando as assinaturas registradas nas conchas com assinaturas relatadas por outros autores, Figura 127, podemos ver que o intervalo (A) possui assinatura semelhante às observadas por Moraes *et al.* (2004) e Aily (2001), as quais foram atribuídas por esses autores à assinaturas de rocha total, o intervalo (A) também pode ser correlacionado aos valores encontrados por Moraes *et al.* (1997) para mineração. O segundo intervalo (B), além de compreender as assinaturas reportadas para rocha total e mineração, também compreende o intervalo encontrado nos sedimentos superficiais da Baía de Guanabara, por Geraldes *et al.* (2006), o intervalo (B) também registrou o mesmo intervalo encontrado por Moura *et al.* (2004), para tinta e lixo urbano. Enquanto que o terceiro intervalo (C), o mais radiogênico, incluí os valores encontrados nos sedimentos superficiais das áreas adjacentes a Baía da Ilha Grande, relatados por Martins (2014), Rocha (2011), Cunha (2014) e Geraldes *et al.* (2015).

Além disso, o intervalo (C) apresentou assinatura semelhante às encontradas por Bollhöfer e Rosman (1999); Aily (2001) e Gioia et al. (2003) para chumbo derivado de gasolina, e também a atividade industrial, Aily (2001); assim como os valores relacionados a assinaturas típicas de lixo urbano, reportados por Moura et.al (2004) e Gioia (2006). Por último o intervalo (C) inclui também as assinaturas referentes a atividade de mineração e tinta, reportadas por Moraes et al. (1997) e por Mirlean et al. (2005).

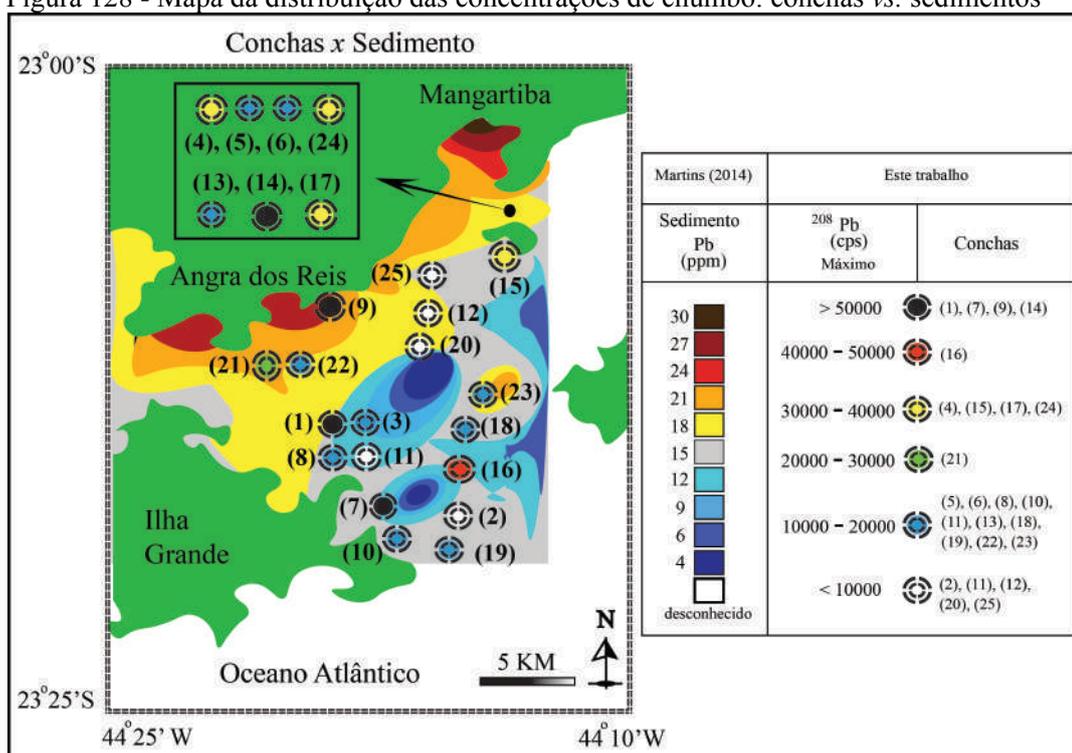
6.2 CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO: SEDIMENTOS vs. CONCHAS

Através da Figura 128 é possível visualizar a distribuição das concentrações de chumbo nos sedimentos superficiais da Baía da Ilha Grande (Martins, 2014), as quais foram correlacionadas com as concentrações registradas no interior das conchas. Observa-se através da Figura 128 que as concentrações variaram entre 4 e 31 ppm nos sedimentos superficiais. Nota-se ainda no pacote sedimentar superficial, que as maiores concentrações de chumbo ocorreram nas zonas costeiras próximas a Angra e Mangaratiba, onde foram encontrados os níveis mais elevados da região. Segundo Martins (2014), a proximidade com a costa está relacionada com a maior quantidade de chumbo presente no sedimento devido ao despejo de esgoto, lixo doméstico, atividades industriais associadas aos estaleiros navais e ao terminal marítimo TEBIG.

Observa-se ainda na mesma figura que as conchas coletadas em um mesmo ponto amostral não apresentaram os mesmos valores de concentração de chumbo. A este fato deve-se considerar: o modo de vida pertinente a cada espécie, os fatores fisiológicos atuantes em cada indivíduo, os quais regem as taxas de metabolismo, que por sua vez, varia de acordo com a idade, sexo e as condições patológicas. Novamente, deve-se lembrar, que as conchas foram coletadas sem a presença do organismo, dessa forma, os animais de um mesmo ponto poderiam ter habitado o mesmo ambiente porém em momentos distintos. Inclui-se ainda nessa discussão a variação sazonal dos parâmetros ambientais (tais como temperatura e salinidade), os quais implica em distintas taxas de crescimento de acordo com o ganho metabólico de cada indivíduo. Além disso, deve-se levar em consideração os diversos eventos de poluição atuantes na região, assim como as distintas fontes poluidoras. Estes fatores podem justificar as variações observadas nas concentrações de chumbo em conchas provenientes de um mesmo

ponto. Fora isso, as conchas poderiam ter sido transportadas por meio das correntes marítimas de fundo após a morte dos organismos até o ponto de coleta, sendo assim, não é possível afirmar se as conchas realmente pertence aos pontos onde foram coletadas.

Figura 128 - Mapa da distribuição das concentrações de chumbo: conchas vs. sedimentos



Fonte: O autor, 2016.

Os resultados obtidos por Martins (2014) foram correlacionados com valores estabelecidos por distintos órgãos ambientais, os quais estabeleceram limites de concentração em ppm nos sedimentos superficiais a fim de caracterizar áreas como não impactadas, pouco impactadas e impactadas. Interpretando os dados encontrados por Martins (2014), nota-se que as concentrações de chumbo reportadas nos sedimentos superficiais da Baía da Ilha Grande estiveram dentro dos limites estabelecidos pelas distintas legislações ambientais (Tabela 30):

- Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 344/2004
- *Florida Sediment Quality Assessment Guidelines* (Flórida SQAG's)
- *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life* (CSQG's)
- *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)

Tabela 30 – Legislações ambientais e as concentrações de Pb em sedimento marinho para áreas consideradas como não impactadas

Legislações ambientais	Pb (ppm)
CONAMA 344/2004	35.70
SQAG's Flórida	30.20
Canadian ISQG's	30.20
NOAA	30.24

6.3 CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO NAS DISTINTAS ESPÉCIES

A interpretação dos resultados deve considerar o fato dos animais estarem expostos à distintas condições de concentrações do poluente no ambiente. Porém, as condições de exposição são influenciadas pelo aporte e fluxo do poluente no ambiente, variando de acordo com o transporte e a mistura dos componentes ao longo do tempo. Dessa maneira, a concentração do poluente incorporado na concha através dos processos metabólicos, varia de acordo com a concentração ao qual o animal foi exposto. Como os processos metabólicos ocorrem em intervalos que podem ser da ordem de horas, dias, semanas ou meses; os diferentes níveis de concentração absorvidos pelos bivalves ao longo do ciclo de vida também estão associados ao período de exposição ao contaminante e conseqüentemente, a dose incorporada pelos animais durante o desenvolvimento das conchas.

Por outro lado, as variações nas concentrações de chumbo no ambiente também podem ser consequência do aumento do regime das chuvas, os quais provocam a remobilização dos sedimentos de fundo. As concentrações de metais presente nas águas intersticiais são elevadas e podem variar de concentração em poucos centímetros de profundidade (LANDMEYER et al., 2003). A remobilização do sedimento no leito marinho através das correntes de fundo pode trazer de volta a coluna d'água os metais que estavam aprisionados no interior do pacote sedimentar.

A variabilidade observada nos resultados também pode estar correlacionada ao modo de vida e a fisiologia pertinente a cada espécie, ou seja, a forma como as espécies habitam o leito marinho pode expô-las à distintas concentrações, de acordo com a distribuição do

poluente nos distintos compartimentos ambientais. Dessa forma, aquelas que vivem enterradas no sedimento estão expostas as concentrações encontradas na água intersticial; porém, aquelas que vivem na superfície do fundo marinho, ficam expostas as concentrações presente na coluna d'água. Além disso, as distintas concentrações observadas nos resultados podem ter origem na granulometria dos sedimentos. Sedimentos lamosos são ricos em matéria orgânica e contêm elevadas concentrações de chumbo em comparação com os sedimentos arenosos (CHURCH et al., 1986; KIM et al., 2004). Dessa forma os animais que vivem nos sedimentos lamosos poderiam ter sido expostos a doses maiores daqueles que habitam os sedimentos arenosos.

A produtividade primária é outra questão que também pode influenciar, já que as partículas em suspensão (ricas em matéria orgânica), filtradas pelos organismos são capazes “aprisionar” o chumbo e transportá-lo pela coluna d'água através das correntes marinhas. Nesse processo, o chumbo pode decantar juntamente com a matéria orgânica e ficar retido no sedimento, como também pode ser filtrado pelos bivalves e incorporados na concha do animal. Assim, o ciclo da produtividade primária juntamente com os parâmetros sazonais também deve ser levado em consideração na interpretação dos dados.

As variações sazonais associadas aos parâmetros climáticos e oceanográficos, juntamente com o tipo de sedimento, a produtividade primária, o modo de vida e a fisiologia das espécies, são peças chaves para compreender a concentração do chumbo no interior das conchas. Assim sendo, é extremamente complicado relacionar a concentração de chumbo presente interior das conchas com os níveis reais de contaminação do ambiente, visto que são diversas as variáveis atuantes na fixação do chumbo na estrutura cristalina da concha.

Porém, considerando a alta variabilidade reportada para a concentração de chumbo entre as conchas analisadas, Tabela 31, estimamos que esta seja influenciada principalmente pelas variações da concentração do poluente no ambiente e pela dose absorvida pelo animal. Contudo, a causa desta variabilidade não é tão simples assim de ser explicada e sua origem pode estar relacionada a diversos fatores, conforme explicado anteriormente.

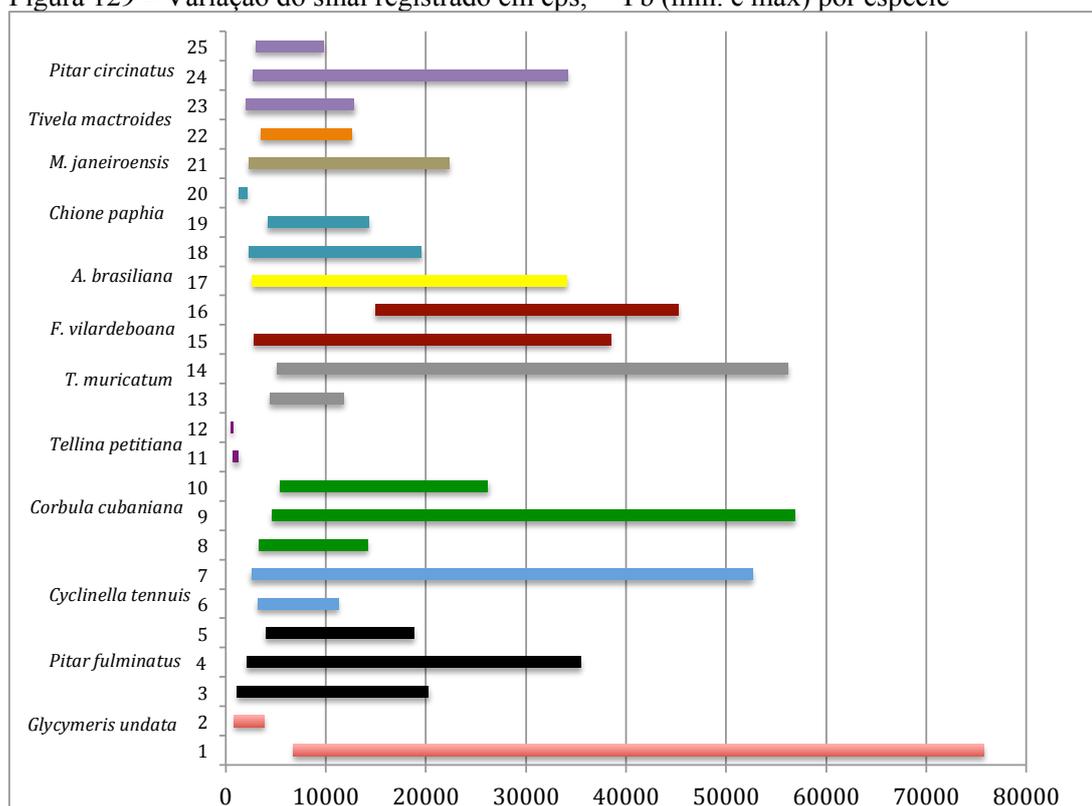
Tabela 31 – Ponto de coleta, concentração de chumbo nas conchas e nos sedimentos

CONCHA	PONTO	ESPÉCIE	²⁰⁸ Pb (cps)	Pb (ppm) Sedimento
			Mínimo – Máximo	
1	MAN 30	<i>Glycymeris undata</i>	6772 – 75762	9.00
2	MAN 18	<i>Glycymeris undata</i>	852 – 3868	9.00
3	MAN 30	<i>Pitar fulminatus</i>	1141 – 20279	9.00
4	MAN 06	<i>Pitar fulminatus</i>	2140 – 35491	22.00
5	MAN 06	<i>Pitar fulminatus</i>	3997 – 18768	22.00
6	MAN 13	<i>Cyclinella tennuis</i>	3182 – 11271	11.00
7	MAN 06	<i>Cyclinella tennuis</i>	2560 – 52660	22.00
8	MAN 30	<i>Corbula cubaniana</i>	3316 – 14178	9.00
9	MAN 49	<i>Corbula cubaniana</i>	4595 – 56896	20.00
10	MAN 22	<i>Corbula cubaniana</i>	5443 – 26226	10.00
11	MAN 30	<i>Tellina petittiana</i>	713 – 1300	9.00
12	MAN 65	<i>Tellina petittiana</i>	469 – 736	19.00
13	MAN 06	<i>T. muricatum</i>	4451 – 11831	22.00
14	MAN 06	<i>T. muricatum</i>	5094 – 56161	22.00
15	MAN 08	<i>F. vilardeboana</i>	2830 – 38490	8.00
16	MAN 16	<i>F. vilardeboana</i>	14959 – 45233	7.00
17	MAN22	<i>A. brasiliiana</i>	2643 – 34087	10.00
18	MAN 15	<i>Chione paphia</i>	2344 – 19563	8.00
19	MAN 24	<i>Chione paphia</i>	4197 – 14336	5.00
20	MAN 67	<i>Chione paphia</i>	1335 – 2165	20.00
21	MAN 50	<i>M. janeiroensis</i>	2278 – 22310	20.00
22	MAN 50	<i>Tivela mactroides</i>	3536 – 12593	20.00
23	MAN 06	<i>Pitar circinatus</i>	2021 – 12856	22.00
24	MAN 06	<i>Pitar circinatus</i>	2721 – 34201	22.00
25	MAN 40	<i>Pitar circinatus</i>	3000 – 9779	11.00

Através da Figura 129 é possível observar uma enorme variabilidade entre as concentrações de chumbo encontradas no interior das conchas da espécie *Glycymeris undata*, porém os exemplares foram coletados em pontos distintos. Porém, vale ressaltar que a concentração de chumbo reportada por Martins 2014 foi a mesma nos dois pontos amostrais onde os exemplares foram coletados (9.00 ppm). Verificou-se também uma alta variabilidade entre as conchas da espécie *T. Muricatum*, neste caso, ambas coletadas no mesmo ponto amostral. Notou-se também a variação na concentração de chumbo nos exemplares de *Cyclinella tennuis*, *Corbula cubaniana*, *Chione paphia* e *Pitar circinatus*. Em contrapartida, observou-se que os dois exemplares analisados da espécie *Tellina petittiana* incorporou concentrações de chumbo bem inferiores quando comparados com as demais espécies. Porém

não foi possível concluir por qual motivo essa espécie reportou quantidade inferior no interior da concha.

Figura 129 – Variação do sinal registrado em cps, ^{208}Pb (mín. e máx) por espécie



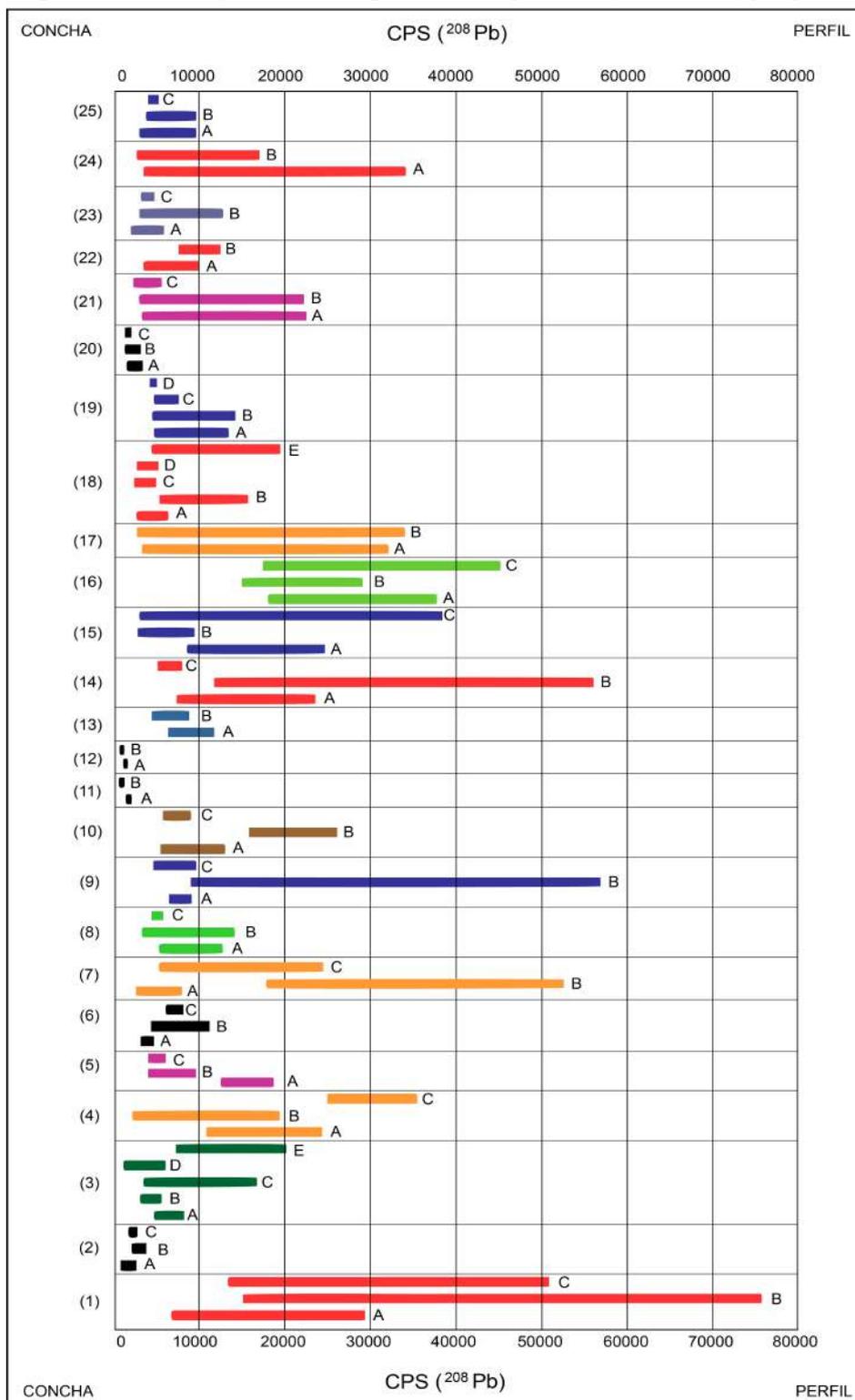
6.4 CONCENTRAÇÃO DE CHUMBO NAS DISTINTAS CAMADAS

De acordo com os estudos pretéritos, nos quais analisaram-se metais em conchas de bivalves, estima-se que os elementos são incorporados na concha a medida que esta desenvolve-se. Assim, as concentrações de metais presentes no interior da concha, devem variar de acordo com o histórico de poluição do ambiente. Price e Pearce (1997) investigaram a utilização da concha de *Cerastoderma edule*, os resultados mostraram uma falta de correlação entre os distintos metais analisados, o que foi interpretado pelos autores como

“eventos isolados de adição” de cada metal no ambiente. Sturesson (1976) encontrou resultados semelhantes para experimentos realizados com *Mytilus edulis*, segundo este autor, tanto a camada externa como a interna da concha incorporam chumbo em proporções semelhantes. Puente et al. (1996) verificaram que na concha do mexilhão *Mytilus galloprovincialis* a camada interna oferece resultados menos variáveis do que a camada externa. Belloto (2000), verificou que alguns metais são incorporados tanto na camada externa, como na interna, enquanto outros metais são preferencialmente incorporados na camada interna em algumas situações, como no caso do chumbo. Distintas taxas de incorporação e acumulação de metais ao longo da concha também foram registradas para outras espécies como: *Arctica islandica*, *Mytilus edulis* e *Patella spp* (FUGE et al., 1993). Estes autores verificaram que no caso de *Mytilus edulis* a camada interna apresentou uma concentração menor de metais que a camada externa, enquanto para *A. Islandica* ocorria o inverso, e para *Patella spp* somente a porção interna apresentava enriquecimento de metais. Segundo eles, estas variações do conteúdo de metais são causadas por diferenças na composição do fluido extrapalial, a partir do qual a concha é precipitada.

A Figura 130 demonstra a variação (valores mínimos e máximos) obtidos no registro do ^{208}Pb (em cps), nos distintos perfis realizados nas 25 conchas. Através da interpretação da figura abaixo é possível ter uma ideia geral da variação da concentração do chumbo (em cps) em cada perfil.

Figura 130 – Variação do sinal registrado em cps, ^{208}Pb (mín. e máx) por perfil.



Fonte: O autor, 2016.

Concha (1): *Glycymeris undata* → nos perfis (A) e (C) os sinais mais intensos ocorreram na camada externa. No perfil (B) ocorreram os sinais mais intensos dentre todas as conchas analisadas.

Concha (2): *Glycymeris undata* → não observou-se diferença significativa entre os três perfis analisados. Apesar de pertencer a mesma espécie que a concha (1), nessa amostra os sinais foram bem inferiores em relação a primeira concha.

Concha (3): *Pitar fulminatus* → no perfil (A) não observou-se diferenças significativas entre as duas camadas. Comparando os perfis (B) e (C), nota-se que que na camada externa registraram-se os sinais mais intensos (perfil C). Os sinais mais intensos nessa amostra ocorreram na região próximo ao umbo, perfil (E), camada interna.

Concha (4): *Pitar fulminatus* → comparando os perfis (A) e (B) observa-se que os sinais mais intensos ocorreram na camada externa (A); nota-se que na região próximo ao umbo, (camada interna) registraram-se os sinais mais intensos nessa amostra, perfil (C).

Concha (5): *Pitar fulminatus* → os sinais mais intensos ocorreram na região próximo ao umbo, no perfil (A). No perfil (B) os sinais mais intensos ocorreram na camada interna.

Concha (6): *Cyclinella tenuis* → comparando os perfis (B) e (C) observa-se que os sinais mais intensos ocorreram na camada externa.

Concha (7): *Cyclinella tenuis* → comparando os perfis (B) e (C) observa-se que os sinais mais intensos ocorreram na camada externa (B).

Concha (8): *Corbula cubaniana* → no perfil (B) os sinais mais intensos ocorreram na camada externa.

Concha (9): *Corbula cubaniana* → no perfil (B) os sinais mais intensos ocorreram na camada externa.

Concha (10): *Corbula cubaniana* → comparando os perfis (B) e (C) observa-se que os sinais mais intensos ocorreram na camada externa (B).

Conchas (11) *Tellina petitiana* → não observou-se diferença significativa entre as camadas. Nessa espécie ocorreram os sinais mais baixos dentre todas as conchas analisadas.

Conchas (12) *Tellina petitiana* → os dois perfis (A) e (B) foram analisados na camada externa. Nessa espécie ocorreram os sinais mais baixos dentre todas as conchas analisadas.

Concha (13): *Trachycardium muricatum* → os dois perfis foram realizados na camada externa. Os sinais mais intensos ocorreram no perfil (A).

Concha (14): *Trachycardium muricatum* → comparando os perfis (B) e (C) observa-se que os sinais mais intensos ocorreram na camada externa (B).

Concha (15): *Felaniella vilardeboana* → nos perfis (A) e (C), sinais mais intensos ocorreram na camada externa, no perfil (B), a camada interna registrou sinais mais intensos do que a externa

Concha (16): *Felaniella vilardeboana* → no perfil (B) observa-se que os sinais mais intensos ocorreram na camada externa; na região próximo ao umbo (camada interna) registraram-se os sinais mais intensos nessa amostra, perfil (C).

Concha (17): *Anadara brasiliiana* → no perfil (A) os sinais mais intensos ocorreram na camada externa.

Concha (18): *Chione paphia* → comparando os perfis (B) e (D) observa-se que os sinais mais intensos ocorreram na camada externa e na intermediária (perfil B). Na região próximo ao umbo (camada externa) registraram-se os sinais mais intensos nessa amostra, perfil (E).

Concha (19): *Chione paphia* → os sinais mais intensos ocorreram na camada externa (A) e intermediária (B).

Concha (20): *Chione paphia* → os sinais mais intensos ocorreram na camada externa (A) e intermediária (B).

Concha (21): *Macra Janeiroensis* → os sinais mais intensos ocorreram na camada externa

Concha (22): *Tivela mactroides* → no perfil (A) os sinais mais intensos ocorreram na camada intermediária, no perfil (B) os sinais foram discretamente mais intensos na camada externa.

Concha (23): *Pitar circinatus* → no perfil (B) os sinais mais intensos ocorreram na camada externa.

Concha (24): *Pitar circinatus* → nos dois perfis (A) e (B), os sinais mais intensos ocorreram na camada externa.

Concha (25): *Pitar circinatus* → no perfil (A) os sinais mais intensos ocorreram na camada externa, nos perfis (B) e (C) não houve diferença significativa entre as camadas.

Em relação as análises de concentração de chumbo por camadas, nota-se uma alta variabilidade entre os dados, tanto entre os pontos de uma mesma camada quanto entre os que foram realizados próximos entre si porém em distintas camadas. Na maioria das conchas observou-se a maior concentração de chumbo na camada externa. Porém, o contrário também foi observado, em algumas amostras a camada interna reportou maior concentração, e ainda observou-se que em outras, a concentração de chumbo não variou entre as camadas. Porém, na maioria das amostras, observou-se que a camada externa tende a concentrar mais chumbo do que a interna, contudo não foi possível determinar por qual razão ou motivo.

Quando trata-se de questões como o monitoramento da poluição por chumbo através de conchas de bivalves, a camada externa demonstrou ser a melhor camada para a realização desse tipo de análises. Isso porque esta camada apresenta as linhas de crescimento bem definidas, de forma que as análises pontuais podem caracterizar distintos eventos de poluição numa ordem cronológica. Para isso, é necessário que as linhas de crescimento sejam mensuradas ao longo do tempo, durante o desenvolvimento da concha, de forma que seja

possível correlacionar as linhas de crescimento com o período (época) em que foram formadas.

Em algumas espécies, a camada intermediária pode apresentar as linhas de crescimento bem definidas, semelhante a camada externa, enquanto que em outras são sutis ou inexistentes. Já a camada interna apresenta as linhas de crescimento com limites sutis ou inexistentes, não sendo possível visualizar de forma nítida a sequência de desenvolvimento e formação da concha. De qualquer forma, para conseguir visualizar o padrão de crescimento nessas duas camadas, é necessário expor a parte interna da concha através de um corte transversal. Sendo assim, as linhas de crescimento na camada interna e intermediária não podem ser correlacionadas com o tempo de desenvolvimento da concha, uma vez que é necessário sacrificar o animal para visualizá-las.

Em relação as diferenças de valores observados na concentração de chumbo entre as camadas de uma mesma concha, vale lembrar que a camada interna é depositada a partir da cavidade interna através do fluido extrapalial interno, enquanto que a camada externa e intermediária são depositadas no interior da cavidade externa a partir do fluido extrapalial externo. Assim sendo, as camadas são depositadas a partir de duas cavidades separadas entre si, cujos os fluidos possuem concentrações diferentes de elementos. Dessa forma, as variações na concentração de chumbo observada entre as camadas tem como origem as distintas composições desses fluidos. Dessa forma, duas hipóteses podem justificar as variações observadas e maior concentração de chumbo na camada externa. Ou o chumbo preferencialmente deposita-se na camada externa (calcítica) devido as distintas composições dos fluidos extrapalial (onde os processos químicos podem estar correlacionados com a distribuição preferencial do chumbo); ou também pode ser que ocorra a retrabalhamento da camada interna (aragonítica), removendo e/ou depositando o chumbo constantemente da rede cristalina nessa camada.

Em algumas conchas, nas quais os perfis foram realizados na região próximo ao umbo da concha, verificou-se concentrações significativamente maiores em relação as outras áreas da concha. Resultados similares também foram observados em *Saxidomus giganteus* por (GILLINK 2005). Através da interpretação dos dados pode-se especular que os processos biológicos que controlam a deposição dos elementos nessa parte da concha devem atuar de forma diferente das demais áreas da concha, o que deve concentrar o chumbo preferencialmente nessa região da concha. Contudo estudos mais detalhados devem ser realizados para comprovar essas hipóteses.

CONCLUSÕES

Os dados referentes a contagem dos isótopos (cps) apresentaram alta variabilidade entre as distintas espécies analisadas; inclusive entre as camadas de uma mesma concha. Observou-se que a concentração do chumbo variou significativamente também entre as espécies, assim como nas conchas provenientes de um mesmo ponto amostral.

Apesar da alta variabilidade na concentração de chumbo entre as amostras, verificou-se que a proporção entre os isótopos de chumbo manteve-se constante em todas as amostras analisadas (pequenas variações foram observadas em alguns perfis, porém dentro da margem de erro calculado). De forma que os resultados adquiridos apresentaram coerência entre si, soma-se a essa discussão os dados obtidos em estudos pretéritos nos quais analisaram isótopos de chumbo nos sedimentos superficiais da mesma região geográfica. Comprovando ser possível a realização de análises de isótopos de chumbo em conchas de bivalves através da técnica LA-ICP-MS. A eficiência do método é capaz de detectar quantidades ínfimas de chumbo através das microanálises pontuais cuja resolução espacial é da ordem de micras.

Observou-se nos resultados que as assinaturas isotópicas ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ x $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) organizaram-se numa tendência linear preferencial, de forma a caracterizar a presença de distintas fontes poluidoras de chumbo atuantes na região. Esses resultados juntamente com os valores de concentração encontrados no interior das conchas podem justificar a alta variabilidade observada nas amostras. Para o aprimoramento do método recomenda-se a inclusão do cálculo do fator de fracionamento.

A camada externa revelou ser a camada mais apropriada para as análises de chumbo e no monitoramento desse tipo de poluição. Sem dúvida, os bivalves são ferramentas potenciais em estudos ambientais, contudo, ainda há muito o que se discutir sobre os processos de acumulação dos poluentes na concha, para que se possa investigar de forma mais lúcida a concentração do chumbo ao longo da concha.

REFERÊNCIAS

A. HALL, JR. Latitudinal variation in shell growth in patterns of Bivalvie molluscs implications and problems Invertebrate Paleontology; Earth Sciences Division Natural History Museum; 163 – 175, 1975.

ADDADI L.; WEINER S. Biomineralization - A pavement of pearl. Nature 389: 912-912, 1997.

ADDADI L.; JOESTER, D.; NUDELMAN, F.; WEINER S. Mollusk shell formation: A source of new concepts for understanding biomineralization processes. Chemistry – A European Journal, 12, 980, 2006.

ADRIANO D. C. Trace elements in the terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. New York: Springer; 2001.

AHLBERG G, GUSTAFSSON O, WEEDEL P. Leaching of metals from sewage sludge during one year and their relationship to particle size. Environmental Pollution; 144: 545–553, 2006.

AILY, C. Caracterização isotópica de Pb na atmosfera: um exemplo da cidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. USP, 2001.

ALENCAR, L. F. A metodologia ^{238}U - ^{234}U - ^{230}Th aplicada à conchas de *Anomalocardia brasiliensis* do sítio do Cubatão I, em Joinville, Santa Catarina, SC Dissertação de mestrado, UNB, Brasília 2012.

ASTRD. Toxicological profile for lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, 2007

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. Metais: Gerenciamento da toxicidade. Sao Paulo: Editora Atheneu, 2003.

BABINSKI, M.; AILY, C.; RUIZ, I.; SATO, K. Pb isotopic signatures of the atmosphere from São Paulo, Brazil. *Journal Physics IV France*. 107, 2003.

BACON J.R.; JONES K.C.; McGrath SP, Johnston AE. Isotopic character of lead deposited from the atmosphere at a grassland site in the U.K. since 1860. *Environ Sci Technol* ; 30: 2511 – 2518, 1996.

BACON J.R. Isotopic characterisation of lead deposited 1989–2001 at two upland Scottish locations. *Journal Environmental Monitor*; 4: 291–299, 2002.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARBIN, V. Cathodoluminescence of carbonate shells: biochemical versus diagenetic process in Geosciences. Springer-Verlag, Berlin, p. 303–329, 2000.

BELLOTO V. R.; MIEKELEY N.; Trace metals in mussel shells and corresponding soft tissue samples: a validation experiment for the use of *Perna perna* shells in pollution monitoring. *Anal Bioanal Chem*. 389: 769 – 776, 2007.

BERTINE, K.K; GOLDBERG, E.D. Trace elements in clams, mussel and shrimp. *Limnology and Oceanography*, 17(6): 877- 884, 1972.

BIELER *et al.* Investigating the Bivalve Tree of Life – an exemplar-based approach combining molecular and novel morphological characters *Invertebrate Systematics*; 28: 32–115, 2014.

BOLLHÖFER, A.; ROSMAN, K.J.R. Isotopic source signatures for atmospheric lead: the Southern Hemisphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 65: 1727-1740, 2001.

BOLLHÖFER, A.; ROSMAN, K.J.R. Isotopic source signatures for atmospheric lead: the Northern Hemisphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 65: 1727 - 1740, 2001.

BOUGEOIS L., RAFÉLIS M., REICHART G., NOOIJER L.J., NICOLLIN F., DUPPONT – NIVET G. A high resolution study of trace elements and stable isotopes in oyster shells to estimate Central Asian Middle Eocene seasonality. *Chemical Geology* Vol. 363, p. 200 – 212, 2014.

BOURGOIN, B.P. *Mytilus edulis* shell as a bioindicator of lead pollution: considerations on bioavailability and variability. *Marine Ecology Progress Series*, 61: 253 - 262, 1990.

BØGGILD O B. The shell structure of the Mollusks. D. Kgl. Danske Vidensk Selsk Skrifter, Naturvidensk og Mathem, Afd., 9. Række, II. 2. Museum de mineralogie et de Geologie de l'Universite de Copenhague, Communications Paleontologiques (31): 232, 1930.

CARIGNAN J.; GARIÉPY C. Isotopic composition of epiphytic lichens as a tracer of the sources of atmospheric lead emissions in southern Québec, Canada. *Geochim Cosmochim Acta*; 59: 4427– 4433, 1995.

CARVALHO, I.S. 2000. Livro: Paleontologia, Editorial: Editora Interciência.

CHOW T.J.; PATTERSON C.C. The occurrence and significance of lead isotopes in pelagic sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 26: 263-308, 1962.

CHOW, T.J.; JHONSTONE, M.S. Lead isotopes in gasoline and aerosols of Los Angeles basin, California. *Science*. 147: 502-503, 1965

CHOW, T.J.; SNYDER, H.G.; SNYDER, C.B.. Mussels (*Mytilus* sp.) as an indicator of lead pollution. *Science of the Total Environment*, 6: 55-63, 1976.

CLARK G.R. Mollusk shell: Daily growth lines. *Science* 161: 800 – 802, 1968.

CRAVO, A., BABIANNI, M.J., FOSTER, P. Partitioning of trace metals between soft tissues and shells of *Patella aspera*. Environment International Vol. 30, p. 87 – 98, 2004.

CUNHA, B. C. A. Distribuição de metais pesados (Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V, Zn e Be) e isótopos de chumbo em sedimentos da Baía da Ribeira, Angra dos Reis. Monografia, Faculdade de Oceanografia, UERJ, 2014.

CURREY J. D.; TAYLOR J.D. Mechanical aspects of the structure of bone. Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume, 46, 356, 1974.

DOE B. R. Lead Isotopes. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, and New York, 137 p. 1970.

DOE B.R.; DELEVAUX M.H. Source of lead in Southeast Missouri galena ores. Econ Geol 1972; 67: 409 –25.

DOE B.R.; STACEY J. S. Application of lead isotopes to problems of ore genesis and core prospect evaluation. Economy Geology; 69: 757 – 776, 1974.

DOE B R. Handbook of methods for the analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water; version 2. In: Dickson AG, & Goyet C (eds.) ORNL/CDIAC- 74. 1994.

DÖRING T, SCWIKOWSLI M, GÄGGELER HW. Determination of lead concentrations and isotope ratios in recent snow samples from high alpine sites with a double focusing ICP-MS. Fresenius' J Anal Chem; 359: 382 – 4, 1996.

DOUCET F.J.; CARIGNAN J. Atmospheric isotopic composition and trace metal concentration as revealed by epiphytic lichens. Atmos Environ; 35: 3681– 90, 2001.

ETTLER, V.; VANĚK, A.; MIHALJEVIČ, M.; KOMÁREK, M. ICP-MS measurements of lead isotopic ratios in soils heavily contaminated by lead smelting: tracing the sources of pollution. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 378: 311-317, 2004.

ETTLER, V.; VANĚK, A.; MIHALJEVIČ, M.; BEZDIČKA, P. Contrasting lead speciation in forest and tilled soils heavily polluted by lead metallurgy. *Chemosphere*. 58: 1449-1459, 2005.

EREL, Y.; DUBOWSKI, Y. HALICZ, L.; EREZ, J.; KAUFMAN, A. Lead concentration and isotopic ratios in the sediment of the sea of Galilee. *Environmental & Science Technology*. 35: 292-299, 2001.

FARMER, J.G.; EADES, L.J.; MACKENZIE, A.B.; KIRIKA, A.; BAILEY-WATTS, T.E. Stable lead isotope record of lead pollution in Loch Lomond sediments since 1630 A.D. *Environmental & Science Technology*. 30: 3080-3083, 1996.

FARMER J.G.; EADES L.J.; GRAHAM M.;C.; BACON J.R. The changing nature of the Pb-206/ Pb-207 isotopic ratio of lead in rainwater, atmospheric particulates, pine needles and leaded gasoline in Scotland, 1982 – 1998. *J Environ Monit*; 2: 49 – 57, 2000.

FAURE, G. *Principles of Isotope geology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.

FAURE, G.; MENSING, T.M. *Isotope: principles and applications*. New Jersey: Wiley, 2005.

FINCH A.A.; SHAW P.A.; WEEDON G.P.; HOLMGREN K. Trace element variation in speleothem aragonite: potential for palaeoenvironmental reconstruction. *Earth and Planetary Science Letters* 186: 255 – 267, 2001.

FLAMENT P., BERTHO ML, DEBOUDT K, VÉRON A, PUSKARIC E. European isotopic signatures for lead on atmospheric aerosols: a source apportionment based upon 206Pb/207Pb ratios. *Science Total Environmental*; 296: 35 – 57, 2002.

FUGE, R.; PALMER, T.J.; PEARCE, N.J.G.; PERKINS, W.T. Minor and trace element chemistry of modern shells: a laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry study. *Applied Geochemistry, Supple.* (2): 116-6, 1993.

GALLON, C.; TESSIER, A.; GOBEIL, C.; CARIGNAN, R. Historical perspective of industrial lead emissions to the atmosphere from a Canadian smelter. *Environmental Science Technology*. 40(3): 741-747, 2006

GERALDES M.C., PAULA A.H., GODOY J.M., VALERIANO C.M. Pb isotope signatures of sediments from Guanabara Bay, SE Brazil- Evidence for multiple anthropogenic sources. *Journal of Geochemical Exploration* Vol. 88, p. 384–388, 2006.

GERALDES, M.C.; PEREIRA, S.D.; VILLENA, H.H.; HERMES F.W. Pb Isotopes Study in Recent Sediments from Paraty Bay (Rio de Janeiro, Brazil): Anthropogenic Versus Oceanic Signatures. *International Journal of Geosciences*, 6, 645-655, 2015.

GESAMP. Report of the First Session, London, 17-21 March 1969.

GESAMP and Advisory Committee on Protection of the Sea. Protecting the Oceans from Land-based Activities – Land-based Sources and Activities Affecting the Quality and Uses of the Marine, Coastal and Associated Freshwater Environment. Rep. Stud. GESAMP Vol. 71, 162 p. , 2001.

GILFILLAN, S.C. Lead poisoning and fall of Rome. *Journal of Occupational Medicine*. 7(2): 53-60, 1965.

GILLIKIN D.P., DEHAIRS F., BAEYENS W., NAVEZ J., LORRAIN A., LUC A. Inter- and intra-annual variations of Pb/Ca ratios in clam shells (*Mercenaria mercenaria*)- A record of anthropogenic lead pollution? *Marine Pollution Bulletin* Vol. 50, p. 1530–1540, 2005.

GILLIKIN D. P., De RIDDER, F., ULENS, H., ELSKEN, M., KEPPENS, E., BAYENS, W.; DEHAIRS, F. Assessing the reproducibility and reliability of estuarine bivalve shells (*Saxidomus giganteus*) for sea surface temperature reconstruction: Implications for paleoclimate studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 228, 70, 2005.

GIOIA, S.M.C.L. Caracterização da assinatura isotópica de Pb atual na atmosfera e no sistema lacustre do Distrito Federal e pré-antropogênico em Lagoa Feia. Tese de Doutorado, UNB, Brasília, 2004.

GOLDBERG E.D. The mussel watch - A first step in global marine monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 6: 111, 1975.

GROUSSET F.; QUÉTEL C.H.; THOMAS B, BUAT-MÉNARD P, DONARD O, BUCHER A. Transient Pb isotopic signatures in the western European atmosphere. *Environmental Science Technology*; 28: 1605 – 8, 1994.

GUEIROS B.B.; MACHADO W, LISBOA SD, & LACERDA LD (2003) Manganese behavior at the sediment-water interface in a mangrove dominated area in Sepetiba Bay, SE Brazil. *Journal of Coastal Research* 19: 550-559.

GUPTA S.K., Singh J. Evaluation of mollusk as sensitive indicator of heavy metal pollution in aquatic system: A review. *The IIOAB Journal*, Vol. 2; Issue 1; 2011, p. 49-57, 2011.

HANSMANN W; KÖPPEL, V. Lead isotopes as tracers of pollutants in soils. *Chem Geol.* 171: 123 – 44, 2000.

HOU X.; PARENT M.; SAVARD M.M.; TASSÉ N.; BÉGIN C.; MARION J. Lead concentrations and isotope ratios in the exchangeable fraction: tracing soil contamination near a copper smelter. *Geochem Explor Environ Anal*; 6: 229 – 36, 2006.

KARAGEORGIS A.P., NIKOLAIDIS N.P., KARAMANOS H., SKOULIKIDIS N. Water and sediment quality assessment of the Axios River and its coastal environment. *Cont Shelf Res*, Vol. 23, p. 1929–1944, 2003.

KENNISH, M.J. Shell microgrowth Analysis – *Mercenaria mercenaria* as the type example for research in population dynamics, 1980.

KIM G, ALLEMAN LY, & CHURCH TM. Accumulation records of radionuclides and trace metals in two contrasting Delaware salt marshes. *Marine Chemistry* 87: 87-96, 2004.

KOBAYASHI, I. Shell structure of Veneridae, Bivalvia. Shibata kyoju taikan kinen ronbunshu. in Japanese with English summar; 1967.

KOBAYASHI, I. Internal shell micro structure of recent bivalvian molluscs. *Sci. Rep. Niigata Univ. Series E*, 2: 27-50, 1971.

KOBAYASHI I. S, NAKAHARA H. Mechanisms and Phylogeny of Mineralization Biological Systems. Tokyo: Springer-Verlag,, 135, 1991.

KOBAYASHI I; e SAMATA T. Bivalve shell structure and organic matrix. *Materials Science and Engineering C* 26; 692 – 698, 2006.

KOBAYASHI I. Scanning electron microscopic structure of the prismatic layer in the Bivalvia. *Frontiers of Materials Science in China*, 2, 246, 2008.

KOIDE, M.; LEE, D.S.; GOLDBERG, E.D. Metal and transuranic records in mussel shells, byssal threads and tissues. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 15: 679-695, 1982.

KOMÁREK, M.; ETTLER, V.; CHARSTNY, V.; MIHALJEVI Č, M. Lead isotopes in Lead: A review . *Environment International* 34; 562–577, 2008.

KYLANDER M.E.; WEISS D.J.; JEFFRIES TE, KOBER B, DOGOPOLVORA A, GARCIA-SACNHEZ R. A rapid and reliable method for Pb isotopic analysis of peat and lichens by laser ablation-quadrupole-inductively coupled plasma-mass spectrometry for biomonitoring and sample screening. *Anal Chem Acta*; 582: 116 – 24, 2007.

JOCHUM K.P.; Scholz D.; Stoll B.; Weis U.; Wilson S.A.; Yang Q.; Schwalb A.; Boerner N.; Jacob D.E. and Andreae M.O. Accurate trace element analysis of speleothems and biogenic calcium carbonates by LA-ICP-MS. *Chemical Geology*, 318 – 319, 31– 44, 2012.

JOCHUM K.P.; et al. MPI-DING reference glasses for in-situ microanalysis: New reference values for element concentrations and isotope ratios. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 7, Q02008, 2006.

LABONNE M.; HILLARIE-MARCEL C. Geochemical gradients within modern and fossil shells of *Concholepas concholepas* from Northern Chile: An insight into U-Th systematics and diagenetic/authigenic isotopic imprints in mollusk shells. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64: 1523-1534, 2000.

LACERDA, L.D.D.; LIMA, N.R.W.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. Size and metal concentration in the mangrove mussel *Mytella guyanensis* (Mollusca: Bivalve) from Baía de Sepetiba, Brazil. *Revi. Biol. Trop.*, 31(2): 333-335, 1983.

LACERDA, L.D.D.; MOLISANI M.M. Three decades of Cd and Zn contamination in Sepetiba Bay, SE Brazil: Evidence from the mangrove oyster *Crassostreaa rhizophorae*. *Marine Pollution Bulletin* 52, 969–987, 2006.

LANDMEYER J.E.; BRADLEY P.M.; BULLEN T.D. Stable lead isotopes reveal a natural source of high lead concentrations to gasoline-contaminated groundwater. *Environmental Geology* 45: 12-22, 2003.

LARES, M.L., ORIAN, K.J. Natural Cd and Pb variations in *Mytilus californianus* during the upwelling season. *Science of the Total Environment* Vol. 197, p. 177–195, 1997.

LAZARETH CE, WILLENZ P, NAVEZ J, KEPPENS E, DEHAIRS F, ANDRÉ L. Sclerosponges as a new potential recorder of environmental changes: Lead in *Ceratoporella nicholsoni*. *Geology* 28: 515-518, 2000.

LAZARETH C.E., PUTTEN E.V., ANDRÉ L., DEHAIRS F. High-resolution trace element profiles in shells of the mangrove bivalve *Isognomon ehippium*- a record of environmental spatio-temporal variations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 57, p.1103–1114, 2003.

LIMA, B.A.F. Metodologia de datação em carbonatos pela série de desequilíbrio do urânio por espectrometria de massa. Dissertação de Mestrado, UNB, Brasília, 2006.

LIN A. Y.-M. The growth of nacre in the abalone shell. *Acta Biomaterialia* 4: 131–138, 2008.

LINSLEY B.K.; WELLINGTON G.M.; SCHARG D.P. Decadal Sea Surface Temperature Variability in the Subtropical South Pacific from 1726 to 1997 A.D. *Science* 290: 1145- 1148, 2000.

LONG. Long L. Lead isotopes. In: Marshall CP, Fairbridge RW, editors. *Encyclopedia of Geochemistry*. Kluwer Academic Publishers; 1999.

MARINE POLLUTION BULLETIN. Environmental records of anthropogenic impacts on coastal ecosystems: An introduction. Vol. 59, p. 87–90, 2009

MARGOSIAN, A.; TAN, F.C.; CAI, D.; MANN, K.H. Seawater temperature records from stable isotopic profiles in the shell of *Modiolus modiolus*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 25: 81-89, 1987.

MARTINS, A. Análises de metais pesados (Co, Hg, Pb, Al, Cr, Fe e Zn) e isótopos de Pb nos sedimentos superficiais na região da Baía da Ilha Grande. Monografia, Faculdade de Oceanografia, UERJ, 2014.

MIHALJEVIĆ, M. Lead. In: Marshall C, Fairbridge R, editors. *Encyclopedia of Geochemistry*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1999. p. 362–3.

MONNA, F.; LANCELOT, J.; CROUDACE, L.W.; CUNDY, A.B.; LEWIS, J.T. Pb Isotopic Composition of Airborne Particulate Material from France and Southern United Kingdom: Implications for Pb Sources in Urban Areas. *Environmental & Science Technology*. 31(8): 2277 - 2286, 1997.

MONNA, F.; CLAUER, N.; TOULKERIDIS, T.; LANCELOT, J.R. Influence of anthropogenic activity on the lead isotope signature of Thau Lake sediments (Southern France): origin and temporal evolution. *Applied Geochemistry*. 15: 1291-1305, 2000.

MORAES, P.M.; FIGUEIREDO, B.R.; LAFON, J.M. Pb-isotopic tracing of metal-pollution sources in the Ribeira Valley, Southeastern Brazil. *Terrae*, 1(1): 26-33, 2004.

MOURA, C.A.V.; GAUDETTE, H.E.; CARVALHO, M.C.; MORALES, G.P. The use of lead isotope composition as a tool to investigate the anthropogenic impacts of the environment in the metropolitan region of Belém (PA). *Terrae*, 1(1): 16-25, 2004.

NIST (2012) Certificate of Analysis – Standard Reference Material 612. National Institute of Standards and Technology (Gaithersburg, MD, USA). Available at: https://srms.nist.gov/certificates/view_cert2gif.cfm?certificate=8535

NIU, H., HOUK, R. S. Fundamental aspects of ion extraction in inductively coupled plasma mass spectrometry. *Spectrochimica Acta* 51B: 779 - 815, 1996.

NOVAK M, EMMANUEL S, VILE M, EREL Y., VÉRON A., PAÊS T. Origin of lead in eight European peat bogs determined from isotope ratios, strengths, and operation times of regional pollution sources. *Environmental Science Technology* 37: 437 – 45, 2003.

OEHLMANN J., SCHULTE-OEHLMANN U. *Bioindicators & Biomonitors: Principles, Concepts, and Applications* - Elsevier Science Book, Chapter 17, p. 577 – 635, 2002.

PATRICK, G.J.; FARMER, J.G. A stable lead isotopic investigation of the use of sycamore tree rings as a historical biomonitor of environment lead contamination. *Science of the Total Environment*. 362: 278-291, 2006.

PEARCE N.J.G.; PERKINS W.T.; WESTGATE J.A.; GORTON M.P.; JACKSON S.E.; NEAL C.R.; CHENERY S.P. A compilation of new and published major and trace element

data for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 glass reference materials. *Geostandards Newsletter* 21: 115 – 144, 1997.

PERKINS, W.T.; FUGE, R.; PEARCE, N.J.G. Quantitative analysis of trace elements in carbonates using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 6: 445-449, 1991.

PETTERSON, C.C. Age of meteorites and the Earth. *Geochimica and Cosmochimica Acta*. 10: 230-237, 1956.

PETERSON C.H.; FEGLEY S.R. Seasonal allocation of resources to growth of shell, soma, and gonads in *Mercenaria mercenaria*, *Biological Bulletin* 171, 597-610, 1986.

PRICE, G.D., PEARCE, N.J.G. Biomonitoring of pollution by *Cerastoderma edule* from the British Isles: a laser ablation ICP-MS study. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 34, p. 1025–1031, 1998.

PUENTE, X.; VILLARES, R.; CARRAL, E.; CARBALLEIRA, A. Nacreous shell of *Mytilus galloprovincialis* as a biomonitor of heavy metal pollution in Galicia (NW – Spain). *The Science of the Total Environment*, 183: 205-211, 1996.

PUTTEN, E.; DEHAIRS, F.; KEPPENS, E.; BAEYENS, W. High resolution distribution of trace elements in the calcite shell layer of modern *Mytilus edulis*: environment and biological controls. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64(6): 997-1011, 2000.

RENBERG I, BRANVALL ML, BINDLER R, EMTERYD O. Stable lead isotopes and lake sediments — a useful combination for the study of atmospheric lead pollution history. *Science Total Environmental* 292:45 – 54, 2002.

RHOADS D.C.; Lutz R.A. *Skeletal Growth of Aquatic Organisms: Biological Records of Environmental Change*. Plenum Press, New York, 750 p. 1980.

RICHARDSON, C.A., CHENERY, S.R.N., COOK, J.M. Assessing the history of trace metal (Cu, Zn, Pb) contamination in the North Sea through laser ablation ICP-MS of horse mussel *Modiolus modiolus* shells. Marine Ecology-Progress Series Vol. 211, p. 157–167, 2001.

RIEUWERTS J, FARAGO M, CLIRK M, BENCKO V. Heavy metal concentrations in and around households near a secondary lead smelter. Environmental Monitorament Assess 58: 317–35, 1999.

ROCHA, D. S. Estudos de metais pesados e isótopos de Pb nos sedimentos da Baía de Sepetiba em geoquímica e na distribuição pelas possíveis áreas fontes. Dissertação de mestrado. Faculdade de Geologia, UERJ, 2011.

ROSMAN, K.J.R.; VAN DE VELDE, K.; BOUTRON, C.F. A two century of lead isotopes in high altitude Alpine snow and ice. Earth and Planetary Science Letters. 1746: 413-424, 2000.

ROSMAN K. J. R.; CHISHOUN, W.; BONTON, C. F.; CANDELO.e, J. p.; PATTERSON, C. C., 1gg4. Anthtopogenic leacl isotopes in Anta;ctica. Geophysical Research r,ettters, 21(24): 2669- 2672.

SAVARD M.M.; BONHAM-CARTER GF, BANIC CM. A geoscientific perspective on airborne smelter emissions of metals in the environment: an overview. Geochemical Explore Environmental Anal, 6: 99 – 109, 2006.

SCHÖNE B.R.; FIEBIG J.; PFEIFFER M.; & Oschmann W. Climate oscillations and trends in the North Atlantic during the last 500 years recorded in shells of *Arctica islandica*. Geophysical Research Abstracts 7: 02943, 2005.

SHIHARATA H; ELIAS W; PATTERSON C.C. Chronological variations in concentrations and isotopic compositions of anthropogenic atmospheric lead in sediments of a remote subalpine pond. Geochim Cosmochim Acta. 44: 149 – 62, 1980.

SHOTYK, W.; CHEBURKIN, A.K.; APPLEBY, P.G.; FANKHAUSER, A.; KRAMERS, J.D. Two thousand years of atmospheric arsenic, antimony and lead deposition recorded in an ombrotrophic peat bog profile in Jura Mountains, Switzerland. *Earth and Planetary Science Letters*. 145: 31-37, 1996.

SIMONETTI A., GARIÉPY C, CARIGNAN J. Lead and Sr isotopic compositions of snowpack from Québec, Canada: inferences on the sources and deposition budgets of atmospheric heavy metals. *Geochim Cosmochim Acta* 64: 5 – 20, 2000.

SINCLAIR D.J.; KINSLEY L.P.J.; MC CULLOCH M.T. High resolution analysis of trace elements in corals by laser ablation ICP-MS. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 62: 1889 - 1901, 1998.

STECHER, H.A.; KRANTZ, D.E.; LORD, C.J.; LUTHER, G.W.; BOCK, K.W. Profiles of strontium and barium in *Mercenaria mercenaria* and *Spisula solidissima* shells. *Geochemical et Cosmochemical Acta*, 60 (18): 3445-3456, 1996.

STURESSON, U. Lead enrichment in shells of *Mytilus edulis*. *Ambio*, 7: 122-125, 1976.

STURGES W.T.; BARRIE, LA. Lead 206/207 isotope ratios in the atmosphere of North America as tracers of US and Canadian emissions. *Nature* 329 : 144 – 6, 1987.

SWART P.K.; GROTTOLI A. Proxy indicators of climate in coral skeletons: a perspective. *Coral Reefs* 22: 313-315, 2003.

SUGUIO, K. *Geologia sedimentar*. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

TAYLOR J.D.; W.J. Kennedy; A. Hall; The Shell structure and mineralogy of the Bivalvia I. *BULLETIN OF THE BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY)*
1969

TAYLOR J. D.; Layman, M. The mechanical properties of bivalve mollusc shell structures. *Palaeontology*, 15, 73, 1972.

TAYLOR J.D.; W.J. Kennedy; A. Hall; The Shell structure and mineralogy of the Bivalvia II. BULLETIN OF THE BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY) 1973

TATSUMOTO, M.; PATTERSON, C.C. Concentrations of common lead in some Atlantic and Mediterranean waters and in snow. *Nature*. 199: 350, 1965.

TATSUMOTO, M.; KNIGHT, R.J.; ALLEGRE, C.J. Time differences in the formation of meteorites as determined from the ratio of lead-207 to lead-206. *Science*. 180: 1279-1283, 1973.

TOLAND, H., PERKINS, W.T., PEARCE, N.J.G., KEENAN, F., LENG, M.J. A study of schlerochronology by laser ablation ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* Vol. 15, p. 1143–1148, 2000.

UBUKATA T. Theoretical morphology of hinge and shell form in Bivalvia: geometric constraints derived from space conflict between umbones. *Paleobiology*, 26(4), 2000, pp. 606–624, 2001.

VANDER PUTTEN E.; DEHAIRS F.; KEPPENS E.; BAEYNS W. High resolution distribution of trace elements in the calcite shell layer of modern *Mytilus edulis*: Environmental and biological controls. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64: 997-1011, 2000.

VERHEYDEN S.; KEPPENS E.; FAIRCHILD I.J.; McDERMOTT F.; WEIS M. Mg, Sr and Sr isotope geochemistry of a Belgian Holocene speleothem: Implications for palaeoclimatic reconstructions, *Chemical Geology* 169: 144–161, 2000.

VEYSSEYRE AM, BOLHOFER AF, ROSMAN KJR, FERRARI CP, BOUTRON CF. Tracing the origin of pollution in French Alpine snow and aerosols using lead isotopic ratios. *Environmental Science Technology*, 35: 4463 – 4469, 2001.

WATABE N. Studies on shell formation, XI crystal–matrix relationships in the inner layers of mollusk shells. *Journal of Ultrastructure Research* 12: 351–370, 1965.

WATMOUGHT S. A. Monitoring historical changes in soil and atmospheric trace metal levels by dendrochemical analysis. *Environmental Pollution* 106: 391 – 403, 1999.

WEISS DJ, SHOTYK W, APPLEBY PG, KRAMERS JD, CHEBURKIN AK. Atmospheric Pb deposition since the Industrial Revolution recorded by five Swiss peat profiles: enrichment factors, fluxes, isotopic composition, and sources. *Environmental Science Technology* 33: 1340 – 52, 1999.

WILBUR K.M; SALEUDDIN; *The Mollusca. Physiology. Part 1* Academic Press. V.4; In: Saleuddin ASM & Wilbur KM (eds.) *The Mollusca*, Academic Press, Inc., p. 235-287, 1983.

YAP, C.K., ISMAIL, A., TAN, S.G., RAHIN, I.A. Can the shell of the green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia be a potential biomonitoring material for Cd, Pb and Zn? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Vol. 57, p. 623–630, 2003.

ANEXO A

A seguir, discriminados em tabelas, os valores do erro amostral (associado ao instrumento) e do fator de correção, para cada perfil amostral. Conforme explicado na metodologia, os cálculos foram realizados a partir da comparação entre os valores das razões isotópicas medidas no padrão (NIST 612) pelo espectrômetro e o valor certificado na literatura. Para manter as mesmas condições amostrais, as razões isotópicas do padrão foram medidas pelo espectrômetro durante a análise de cada perfil, nas mesmas condições em que a amostra foi analisada.

Tabela 32 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (1)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0585	1.0767	1.1167	0.9503	1.0371
PERFIL B	1.1622	1.2427	1.2024	0.9666	0.9676
PERFIL C	1.0704	1.1071	1.1372	0.9413	1.0272
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	5.85	7.67	11.67	4.97	3.71
PERFIL B	16.22	24.27	20.24	3.34	3.24
PERFIL C	7.04	10.71	13.72	5.87	2.72

Tabela 33 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (2)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0671	1.1093	1.0938	0.9757	0.9862
Perfil B	1.0560	1.0994	1.0799	0.9779	0.9825
Perfil C	1.0606	1.1025	1.0839	0.9785	0.9834
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	6.71	11.09	9.38	2.25	1.24
PERFIL B	5.60	9.94	7.99	2.27	1.25
PERFIL C	6.06	11.02	8.39	2.28	1.66

Tabela 34 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (3)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0768	1.1234	1.1294	0.9535	1.0052
Perfil B	1.0525	1.0923	1.1132	0.9455	1.0192
Perfil C	1.0960	1.1280	1.1547	0.9495	1.0237
Perfil D	1.0648	1.0969	1.1209	0.9501	1.0219
Perfil E	1.0483	1.0862	1.0970	0.9557	1.0102
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	7.68	12.34	12.94	4.65	0.52
Perfil B	5.25	9.23	11.32	5.45	1.92
Perfil C	9.60	12.80	15.47	5.05	2.37
Perfil D	6.48	9.69	12.09	4.99	2.19
Perfil E	4.83	8.62	9.70	4.43	1.02

Tabela 35 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (4)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0989	1.1863	1.1235	0.9829	0.9467
Perfil B	1.0443	1.1029	1.0437	1.0006	0.9463
Perfil C	1.0438	1.1023	1.0435	1.0004	0.9467
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	9.89	18.63	12.35	1.71	5.33
PERFIL B	4.43	10.29	4.37	0.06	5.37
PERFIL C	4.38	10.23	4.35	0.04	5.33

Tabela 36 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (5)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0989	1.1863	1.1235	0.9829	0.9467
Perfil B	1.0443	1.1029	1.0437	1.0006	0.9463
Perfil C	1.0438	1.1023	1.0435	1.0004	0.9467
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	9.89	18.63	12.35	1.71	5.33
PERFIL B	4.43	10.29	4.37	0.06	5.37
PERFIL C	4.38	10.23	4.35	0.04	5.33

Tabela 37 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (6)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0526	1.1021	1.0507	1.0018	0.9535
Perfil B	1.0516	1.1029	1.0493	1.0022	0.9514
Perfil C	1.0512	1.1027	1.0500	1.0011	0.9522
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	5.26	10.21	5.07	0.18	4.65
PERFIL B	5.16	10.29	4.93	0.22	4.86
PERFIL C	5.12	10.27	5.00	0.11	4.78

Tabela 38 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (7)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0420	1.0959	1.0636	0.9797	0.9706
PERFIL B	1.0419	1.0855	1.0590	0.9840	0.9756
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.20	9.59	6.36	2.03	2.94
PERFIL B	4.19	8.55	5.90	1.60	2.44

Tabela 39 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (8)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0457	1.1051	1.0441	1.0015	0.9448
PERFIL B	1.0447	1.1016	1.0405	1.0040	0.9446
PERFIL C	1.0427	1.0977	1.0379	1.0046	0.9455
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.57	10.51	4.41	0.15	5.52
PERFIL B	4.47	10.16	4.05	0.40	5.54
PERFIL C	4.47	10.16	4.05	0.40	5.54

Tabela 40 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (9)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0467	1.0996	1.0451	1.0015	0.9505
PERFIL B	1.0524	1.1044	1.0502	1.0021	0.9509
PERFIL C	1.0569	1.1090	1.0545	1.0023	0.9509
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.67	9.96	4.51	0.15	4.95
PERFIL B	5.24	10.44	5.02	0.21	4.91
PERFIL C	5.69	10.90	5.45	0.23	4.91

Tabela 41 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (10)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0467	1.0996	1.0451	1.0015	0.9505
PERFIL B	1.0524	1.1044	1.0502	1.0021	0.9509
PERFIL C	1.0569	1.1090	1.0545	1.0023	0.9509
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.67	9.96	4.51	0.15	4.95
PERFIL B	5.24	10.44	5.02	0.21	4.91
PERFIL C	5.69	10.90	5.45	0.23	4.91

Tabela 42 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (11)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0447	1.1001	1.0461	0.9987	0.9509
PERFIL B	1.0461	1.1017	1.0470	0.9992	0.9503
PERFIL C	1.0461	1.1013	1.0469	0.9992	0.9506
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.47	10.01	4.61	0.13	4.91
PERFIL B	4.61	10.17	4.70	0.08	4.97
PERFIL C	4.61	10.13	4.69	0.08	4.94

Tabela 43 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (12)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0450	1.0819	1.0607	0.9793	0.9868
PERFIL B	1.0801	1.1199	1.0983	0.9794	0.9829
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.50	8.19	6.07	2.07	1.32
PERFIL B	8.01	11.99	9.83	2.06	1.71

Tabela 44 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (13)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0450	1.0819	1.0607	0.9793	0.9868
PERFIL B	1.0801	1.1199	1.0983	0.9794	0.9829
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.50	8.19	6.07	2.07	1.32
PERFIL B	8.01	11.99	9.83	2.06	1.71

Tabela 45 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (14)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.1138	1.2126	1.1588	0.9654	0.9553
Perfil B	1.1043	1.1997	1.1448	0.9684	0.9540
Perfil C	1.0855	1.1713	1.1178	0.9734	0.9540
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	11.38	21.26	15.88	3.46	4.47
PERFIL B	10.43	19.97	14.48	3.16	4.60
PERFIL C	8.55	17.13	11.78	2.66	4.60

Tabela 46 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (15)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0442	1.1021	1.0434	1.0008	0.9467
PERFIL B	1.0407	1.0968	1.0394	1.0012	0.9477
PERFIL C	1.0432	1.0966	1.0418	1.0014	0.9500
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.42	10.21	4.34	0.08	5.33
PERFIL B	4.07	9.68	3.94	0.12	5.23
PERFIL C	4.32	9.66	4.18	0.14	5.00

Tabela 47 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (16)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0374	1.1053	1.2819	0.9836	0.9516
Perfil B	1.0332	1.1005	1.0480	0.9873	0.9535
Perfil C	1.0358	1.1018	1.0490	0.9870	0.9539
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	21.29	34.80	28.19	4.61	4.77
PERFIL B	14.78	25.79	19.97	3.78	4.65
PERFIL C	12.48	22.68	17.05	3.46	4.61

Tabela 48 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (17)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0380	1.0997	1.0640	0.9823	0.9653
PERFIL B	1.0391	1.0990	1.0581	0.9821	0.9628
PERFIL C	1.0400	1.0987	1.0577	0.9833	0.9626
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	6.95	14.20	10.29	2.88	3.47
PERFIL B	3.91	9.90	5.81	1.79	3.72
PERFIL C	4.00	9.87	5.77	1.67	3.74

Tabela 49 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (18)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0370	1.0873	1.0552	0.9828	0.9705
Perfil B	1.0341	1.0870	1.0540	0.9811	0.9696
Perfil C	1.0341	1.0878	1.0545	0.9806	0.9694
Perfil D	1.0355	1.0899	1.0560	0.9806	0.9688
Perfil E	1.0361	1.0907	1.0560	0.9811	0.9682
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	3.70	8.73	5.52	1.72	2.95
Perfil B	3.41	8.70	5.40	1.89	3.04
Perfil C	3.41	8.78	5.45	1.94	3.06
Perfil D	3.55	8.99	5.60	1.94	3.12
Perfil E	3.61	9.07	5.60	1.89	3.18

Tabela 50 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (19)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0505	1.0977	1.0513	0.9993	0.9577
Perfil B	1.0488	1.0982	1.0487	1.0001	0.9550
Perfil C	1.0527	1.1032	1.0528	0.9999	0.9544
Perfil D	1.0512	1.1019	1.0501	1.0012	0.9530
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	5.05	9.77	5.13	0.07	4.23
Perfil B	4.88	9.82	4.87	0.01	4.50
Perfil C	5.27	10.32	5.28	0.01	4.56
Perfil D	5.12	10.19	5.01	0.12	4.70

Tabela 51 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (20)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0458	1.0912	1.0644	0.9826	0.9756
PERFIL B	1.0363	1.0792	1.0542	0.9831	0.9769
PERFIL C	1.0618	1.1058	1.0830	0.9804	0.9794
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.58	9.12	6.44	1.74	2.44
PERFIL B	3.63	7.92	5.42	1.69	2.31
PERFIL C	6.18	10.58	8.30	1.96	2.06

Tabela 52 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (21)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0501	1.0997	1.0513	0.9989	0.9559
PERFIL B	1.0499	1.0997	1.0502	0.9997	0.9550
PERFIL C	1.0513	1.1013	1.0503	1.0011	0.9537
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	5.01	9.97	5.13	0.11	4.41
PERFIL B	4.99	9.97	5.02	0.03	4.50
PERFIL C	5.13	10.13	5.03	0.11	4.63

Tabela 53 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (22)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0407	1.0927	1.0590	0.9829	0.9692
PERFIL B	1.0513	1.0984	1.0771	0.9761	0.9806
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.07	9.27	5.90	1.71	3.08
PERFIL B	5.13	9.84	7.71	2.39	1.94

Tabela 54 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (23)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0192	1.0864	1.0291	0.9904	0.9473
PERFIL B	1.0708	1.1470	1.1006	0.9893	0.9552
PERFIL C	1.0463	1.1120	1.0680	0.9803	0.9603
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	28.89	45.12	37.65	5.22	4.82
PERFIL B	7.08	14.70	10.06	2.50	4.08
PERFIL C	4.63	11.20	6.80	1.97	3.97

Tabela 55 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (24)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
Perfil A	1.0989	1.1863	1.1235	0.9829	0.9467
Perfil B	1.0443	1.1029	1.0437	1.0006	0.9463
Perfil C	1.0438	1.1023	1.0435	1.0004	0.9467
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	9.89	18.63	12.35	1.71	5.33
PERFIL B	4.43	10.29	4.37	0.06	5.37
PERFIL C	4.38	10.23	4.35	0.04	5.33

Tabela 56 - Fator de correção e o erro estimado para os perfis da concha (25)

fator de correção	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	1.0404	1.0989	1.0575	0.9838	0.9624
PERFIL B	1.0411	1.0985	1.0572	0.9848	0.9625
PERFIL C	1.0402	1.0950	1.0574	0.9838	0.9656
erro (%):	208/204	207/204	206/204	208/206	206/207
PERFIL A	4.04	9.89	5.75	1.62	3.76
PERFIL B	4.11	9.85	5.72	1.52	3.75
PERFIL C	4.02	9.50	5.74	1.70	3.50