

Análise Multielementar da *Rhipsalis lindbergiana* K. schum.

Denise Rolão Araripe, Ana Maria Rangel de Figueiredo Teixeira, Alfredo Victor Bellido Bernedo, Marcos Manoel Ferreira¹

Resumo: Atualmente, epífitas têm sido consideradas um importante tipo de biomonitor passivo devido a sua alta disseminação nas matas de países tropicais. A *Rhipsalis lindbergiana* é uma epífita típica da Mata Atlântica do Brasil, no entanto, não existem dados disponíveis que estabeleçam seu papel de bioacumulador de metais traços. Nesse sentido, este trabalho apresenta a caracterização elementar de amostras da *Rhipsalis lindbergiana* coletadas na cidade de Niterói, RJ. Aplicou-se a espectrometria ótica para determinar o teor dos elementos maiores – Ca, K, Mg e Na – como dos elementos traços – Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, La e Y. Os resultados apresentaram uma razão média de $Ca/K = 0,59 \pm 0,27$, com amplitude entre 1,16 e 0,19. A normalização pelo Al mostrou enriquecimento de Zn e Cu nos sítios de coleta do Instituto de Química da UFF; Zn, Cu e Ni nos sítios mais poluídos próximos ao centro da cidade. Além disso, enriquecimento de Mn foi observado para as amostras da área menos poluída coletadas em época de frutificação. Uma inconsistência foi encontrada sobre os baixos valores do fator de enriquecimento de La e Y e a distribuição desses elementos nas amostras. Isso sugere que o algoritmo aplicado ainda não é o melhor parâmetro para avaliar a acumulação desses elementos nesse tipo de matriz ambiental. O teste de Pearson encontrou significante correlação entre o elemento Na, Ca, Cu, Fe e correlação negativa com Na e Mn. Correlações positivas também foram encontradas entre Co e K, La e Al. Três aspectos podem ser considerados nos resultados obtidos: a morfologia da *Rhipsalis*; a influência da concentração dos íons em efeitos inibitórios de absorção de outros íons; a deposição do *spray* marinho nas plantas.

Palavras-chave: *Rhipsalis lindbergiana* K. schum, bioindicadores, metais traços

Abstract: Currently epiphytes have been considered an important type of passive biomonitors for its high spread in the forests of tropical countries. The *Rhipsalis lindbergiana* is a typical epiphyte in the Atlantic Forest of Brazil, but there is no data available to establish its role as a metal traces bioaccumulator. In this way, this work has succeeded in elementar characterization of the *Rhipsalis lindbergiana* samples collected in Niterói City, RJ. It was applied Optical Spectrometry in order to evaluate the amounts of major - Ca, K, Mg and Na - and trace elements - Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, La and Y. The results showed the average ratio $Ca / K = 0.59 \pm 0.27$, with range between 1.16 and 0.19. The Al normalization showed enrichment of Zn and Cu in the sites of UFF's Chemistry Institute; Zn, Cu and Ni in the most polluted sites next to town. Furthermore, enrichment of Mn was observed in the sample of green area collected during the fructification season. An inconsistency was found about low values of the enrichment factor of La and Y and the distribution of these elements in the samples. This suggests that the applied algorithm is not yet the best parameter to evaluate the accumulation of these elements in this type of environmental matrix. Pearson's test pointed out a significant positive correlation between the elements Na, Ca, Cu and Fe and a negative correlation with Na and Mn. Positive correlations were also found between Co and K, La and Al. Three aspects can be taken into account from the results obtained: the

¹ Instituto de Química, Universidade Federal Fluminense. Outeiro de S. João Baptista, s/no, Centro, 24020-150, Niterói.

morphology of the *Rhipsalis*; the influence of some ion concentration on absorption of other ions; the deposition of sea spray on the plants.

INTRODUÇÃO

Bioindicadores são organismos ou comunidade de organismos que reagem a alterações ambientais com a modificação de suas funções vitais normais e/ou da sua composição química, permitindo conclusões a respeito das condições do ambiente onde se situam e uma real verificação do impacto da poluição para o ecossistema, pois considera a integração de fatores endógenos do organismo monitorado, assim como integração de fatores externos e detecção de estresse crônico por baixos níveis de poluição atuando por períodos prolongados [1].

O papel das plantas lenhosas como bioacumuladores e biorremediadores de solos vem sendo estabelecido tanto para países temperados como para de clima tropical, porém os métodos de pesquisa, bem como os processos de absorção e adsorção dos poluentes e contaminantes ainda não são bem conhecidos [2-12]. Inicialmente, foram utilizados os líquens como bioindicadores, na tentativa de diminuir a complexidade dos processos investigados no triângulo contaminante atmosférico – planta indicadora – ecossistema. Este sistema simbiótico de algas e fungos vem sendo empregado com sucesso, tanto como indicador passivo quanto indicador ativo, ou seja, introduzido no ecossistema estudado [13-18].

Atualmente, as epífitas têm sido consideradas um importante tipo de biomonitor passivo pela sua alta disseminação nas matas dos países tropicais, em paralelo a sua significação ecológica. As plantas epífitas simplificam as questões sobre os processos de acumulação de poluentes, pois guardam a vantagem de não sugar a seiva de seu hospedeiro. Seus nutrientes são obtidos do húmus que se forma na casca dos galhos e troncos velhos, bem como da poeira do ar [19]. É o caso de algumas espécies da *Tillandsia*, por exemplo [20-28]. Plantas epífitas vasculares (possuem tecidos vasculares especializados, como xilema e floema, ao contrário dos musgos e hepáticas) compõem cerca de 10% de todas as plantas vasculares conhecidas, perfazendo em torno de 29.000 espécies. Típicas de países tropicais,

as plantas epífitas vêm sendo sugeridas como bioindicadores passivos destes ecossistemas. Elas apresentam relevantes modificações na sua abundância, variedade e estrutura no que se refere à interferência antropogênica e climática sobre as florestas [25]. As epífitas são importantes fontes de recursos para a infinidade dos organismos voadores, arborícolas e escansoriais do dossel da floresta, contribuindo com alimento, água ou mesmo material para construção de ninhos. A capacidade de elaborar quantidades consideráveis de biomassa suspensa, associada à retenção de águas e detritos, confere aos epífitos vasculares um importante papel na produtividade primária e ciclagem de nutrientes da floresta. Além de atuarem como indicadoras globais de mudanças climáticas, provêm o homem com material de valor horticultural, medicinal e econômico [30-32].

A *Rhipsalis lindbergiana* K. Schum. é uma cactácea epífita vulgarmente conhecida como *Rhipsalis* ou “rabo de rato”, típica da mata atlântica da região sudeste do Brasil [33-36]. Possui caule verde, excepcionalmente cilíndrico e a dificuldade maior para o leigo está em distingui-la de outras espécies, como a *Rhipsalis cassutha* ou também conhecida como *baccifera* [37-41]. A princípio, ela parece bem disseminada pela Mata Atlântica, porém percebe-se uma grande retirada de seus habitats naturais para uso de jardinagem, assim como consequência de podas indiscriminadas e retiradas de árvores para urbanização [42].

Encontram-se disponíveis sobre as *Rhipsalis* algumas publicações a respeito da estrutura, disseminação, filogenia e relações em ecossistemas específicos [43-50], porém seu potencial como bioacumulador de metais traços ainda não foi investigado. A fim de favorecer essa discussão, no presente artigo são apresentados os resultados da caracterização química multielementar de amostras de *Rhipsalis lindbergiana* coletadas no município de Niterói entre os anos de 2006 a 2008, em áreas de níveis de impactação antrópicas relativamente diferenciadas.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Local de coleta

Niterói está localizada a leste do Rio de Janeiro (22°52'S e 43°06'O). É caracterizada pelo litoral praiano constituído de praias e morros; mas é também uma cidade repleta de pequenas indústrias, uma estação de balsas, indústria naval e apresenta uma ocupação humana desordenada ao longo dos últimos anos [51].

As amostras de *Rhipsalis lindbergiana* foram inicialmente coletadas em três áreas com níveis de impactação ambientais aparentemente diferenciados: a) Ambiente urbano com matas preservadas (região de Pendotiba); b) Ambiente urbano com alta densidade de tráfego (bairros de Icaraí, Santa Rosa e Centro); c) *Campus* da UFF onde se situa o Instituto de Química, situado em um morro bastante arborizado e arejado, que fica diante da Baía de Guanabara, conhecido como Morro do Valonguinho.

A coleta foi racionalizada, sendo tecnicamente fácil, não prejudicando a comunidade do haustório. Foram coletadas diversas amostras pertencentes à mesma espécie, ou seja, *Rhipsalis lindbergiana*, de 0,5 a 1,0 m e com pouca oxidação (caules verdes). Tomou-se o cuidado para realização da coleta após alguns dias de chuva (em torno de 03 a 05 dias seguidos) e as amostras não lavadas não apresentaram

diferença apreciável para as amostras lavadas. A Tabela 1 apresenta os exemplares coletados, a denominação das amostras e descrição breve. Os Sítios 1 e 2 se situam no *Campus* do Instituto de Química da Universidade Federal Fluminense, no Centro do Município de Niterói. Historicamente, as plantas destes dois sítios podem ter sido submetidas a diferentes pressões naturais (os exemplares do Sítio 2 parecem receber uma maior intensidade luminosa) e antrópicas, pois o Sítio 1, localizado alguns metros mais acima que o outro, fica próximo a uma casa antiga conhecida como prédio da 'antiga Física' e ganhou um estacionamento assim como alguns laboratórios anexos do curso de Química nos últimos dez anos. Além disso, nos anos de coleta, este sítio ficava bem próximo do prédio pertencente ao chamado de "antigo ciclotron" ("reator desativado" – Comum. Pessoal A.V.B. Bernedo). O Sítio 3 é considerado neste trabalho como o local de referência menos contaminado, pois pertence a um condomínio, situado na região de Pendotiba, localizada em torno de 100 m acima do nível do mar; é uma região bem arborizada ainda com áreas florestais conservadas. Os Sítios 4, 5 e 6 estão localizados próximos à cidade, em bairros diferenciados. O Sítio 4 pertence à uma praça no Centro de Niterói com trânsito intenso durante a maior parte do dia, o Sítio 5 fica próximo a um túnel que liga dois bairros e o Sítio 6 numa rua próxima à praia.

Tabela 1 – Denominação das amostras e observações breves de campo

Denominação	Observações respectivas
P1A, P1B, P1C (FP1C), P1D	Campus da UFF; Planta não lavada; Caule novo e frutos; Caule velho
P2A, P2B	Campus da UFF, meses diferentes (jun e set, respectivamente)
P3A, P3B, P3C e FP3C	área verde e área de lazer (e frutos)
P4	<i>Praça do Rink</i> - Tráfego intenso
P5A, P5B	Ruas diferentes, próximas a Túnel- Tráfego intenso
P6	Rua próxima à praia, tráfego moderado

Caracterização Química

Após a coleta, com exceção das amostras P1B e P3A, que não foram lavadas, as demais foram lavadas com água desmineralizada, picadas com bisturi de aço inox e congeladas, para posterior liofilização. Depois de liofilizadas, as amostras foram maceradas em um

liquidificador previamente descontaminado com soluções de a) EDTA/CITRATO, pH 8,0; b) ácido acético PA diluído (2%); c) água desmineralizada; a água de lavagem final era reservada para análise, mas não apontaram contaminação. Entre uma amostra e a seguinte, o liquidificador era descontaminado e seco.

Depois de picadas, as amostras eram peneiradas em peneiras de plástico de 1 mm de diâmetro de poro, também previamente descontaminadas em HCl 10% e água desmineralizada.

Para dissolução das amostras, utilizou-se a mistura de HNO₃ e HCl na proporção de 4 mL para 1 mL, ambos Merck, P.A., no forno de microondas da ANTON PAAR, MULTIWAVE, segundo o método PAAR005H. A massa da amostra foi compatível com a capacidade do tubo de digestão e método de abertura, e consistiu em 200 mg de massa seca. O método dissolveu totalmente as plantas, não restando resíduo. Depois de avolumadas a 20,0 mL, o teor dos metais extraídos foi determinado por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), no espectrômetro da HORIBA Jobin-Yvon, ULTIMA 2, utilizando câmara nebulizadora ciclônica e nebulizador Meinhard e, quando necessário, o nebulizador ultrassônico CETAC-U500AT+. Foram determinados os macroconstituintes Ca, Mg, Na e K, e os elementos traços Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, La e Y. Paralelamente, foram realizados testes brancos, tanto das águas de lavagem do liquidificador (aleatoriamente separadas para análises químicas), quanto mistura ácida padrão de dissolução. Resultados aceitáveis foram aqueles que apresentaram menos que 10% entre as replicatas das amostras. A determinação dos elementos maiores utilizaram os seguintes parâmetros para o ICP: potência de 1000 W; velocidade da bomba peristáltica de 20 ciclos por min; fluxo do plasma: 12 L.min⁻¹; fluxo de gás de revestimento: 0,6 L.min⁻¹ ou 0,2 L.min⁻¹ (para Na e K; ou Ca e Mg respectivamente); fluxo do nebulizador: 0,6 L.min⁻¹, com pressão de 2,0 bar. No nebulizador ultrassônico, os parâmetros utilizados foram: inicialmente, os mesmos, porém o fluxo do nebulizador: 0,4 L.min⁻¹, pressão de 3,0 bar. Os comprimentos de onda selecionados foram (nm): Na: 588,995; K: 766,490; Fe: 259,940; Al: 394,401; Ca: 393,66; Mn: 257,610; Zn: 213,856; Ni: 221,647; Co: 228,616; Cu: 324,754; Y: 371,029; La: 408,671. Limites de detecção obtidos para os elementos traço

(ng. mL⁻¹): Fe: 19; Al: 43; Mn: 16; Zn: 32; Ni: 3,0; Co: 0,36; Cu: 0,40; Y: 1,2; La: 1,1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as plantas coletadas estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, que mostram a estatística descritiva para os mesmos. Quando comparadas média e mediana, percebe-se que os elementos de maior assimetria são os traços Mn, Zn, Ni, Co e Y. Entre os macroelementos, o mais homogêneo foi o potássio, com coeficiente de variação em torno 28%; o de maior heterogeneidade nas amostras foi o elemento Na.

Os teores de potássio comparados aos teores de cálcio podem descrever a idade das plantas, já que o elemento Ca é menos móvel que o K, e costuma ser acumulado no final da via de transporte xilemática. No entanto, deve-se levar em conta que outros fatores podem ser responsáveis pelo aumento ou diminuição de tais íons, como efeitos de sinergismo ou inibição competitiva [52]. A média da relação Ca/K foi de 0,59 ± 0,27, com amplitude entre 1,16 e 0,19 entre (Tabela 4). Neste cálculo, não foram contabilizados os frutos, que naturalmente apresentaram os menores valores, devido à sua recente formação. Tais valores mostram como é difícil a coleta, apesar de todo o cuidado de campo na busca de amostras similares à vista.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos elementos maiores

	Ca (%)	K (%)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Na (mg.kg ⁻¹)
mediana	1,06	2,04	3203	1627
média	1,01	2,13	3827	1358
(dp)	(0,43)	(0,60)	(2048)	(827)
CV%	43	28	53	61

Tabela 3 – Estatística descritiva dos elementos menores da planta seca*

	Fe	Al	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	La	Y
mediana	96,7	164	33,0	43,1	5,32	192	6,8	21,0	<LD
média	139	198	283	70,9	5,66	2661	291	25,7	6,85
(dp)	(127)	(118)	(544)	(51,1)	(2,3)	(5016)	(439)	(26)	(12,5)
CV%	92	60	192	72	41	188	151	101	182

* Fe, Al, Mn, Zn e Cu : mg.kg⁻¹; Ni, Co, La e Y: µg.kg⁻¹.

Tabela 4 – Relação Ca/K para as amostras de *Rhizalis lindbergiana*

amostra	P1A	P1B	P1C	P1D	P2A	P2B	P3A	P3B	P3C	P4	P5A	P6
Ca/K	0,50	1,2	0,19	0,45	1,04	0,77	0,42	0,63	0,40	0,38	0,71	0,59

Para melhor visualização do quanto é acumulado pela planta quando comparada com a poeira natural, que teoricamente sofre a influência geológica, utilizou-se o cálculo do fator de enriquecimento (FE) em relação ao alumínio (Tabela 5), pois este costuma ser o FE clássico referenciado na literatura. Considera-se que valores inferiores a 2 apontam fontes naturais para os elementos relacionados aos mesmos, porém alguns autores têm proposto diferentes números, bem como diferentes algoritmos para tentar chegar a um FE que realmente expresse a natureza das fontes (naturais ou antropogênicas), bem como dos processos que envolvem a concentração de elementos em diversas matrizes naturais, inclusive as plantas [53-58]. Kłos sugere que o acesso das origens dos poluentes baseado em FE menores que 10 é altamente incerto [59]. A escolha do elemento de referência é importante também, pois este não pode ter comportamento móvel na matriz da amostra. A escolha do Al neste trabalho foi baseada no seu comportamento conservativo no solo, para fins de comparação, pois a poeira do solo teoricamente

chegará à planta através do particulado atmosférico. Utilizou-se neste trabalho os valores atualizados de Taylor e MacLennan [60] comparáveis aos valores modernos de Condie [61], segundo Rudnick e Gao [62].

Tabela 5 – Fatores de Enriquecimento após normalização pelos valores de Al^(a)

	Fe	Al	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	La	Y
P1A	0,25	1,31	1,72	66,5	17,1	0,81	0,97	0,08	0,05
P1B	0,24	1,05	2,40	96,7	16,0	1,98	1,31	0,09	0,04
P1C	0,15	0,53	2,08	24,5	9,38	nd	3,51	nd	nd
P1D	0,12	0,42	1,51	35,6	10,8	0,18	2,14	nd	nd
FP1	0,16	0,46	1,56	22,7	7,72	0,10	0,72	nd	nd
P2A	0,12	2,13	0,47	7,96	6,89	nd	0,14	0,07	0,03
P2B	0,22	2,02	5,37	72,8	12,7	nd	1,43	0,10	0,07
P3A	0,17	0,83	28,0	64,2	6,46	0,06	nd	0,04	nd
P3B	0,12	0,44	31,0	85,9	4,83	0,56	nd	0,01	nd
P3C	0,15	0,70	105	37,9	6,18	0,00	nd	0,05	nd
FP3	0,14	0,59	40,0	13,8	5,01	0,53	nd	0,04	nd
P4	0,34	1,62	0,47	22,5	8,59	12,2	0,02	0,01	nd
P5A	0,96	1,64	0,26	19,0	10,4	0,33	nd	0,03	nd
P5B	0,09	0,45	0,36	10,2	9,24	7,54	0,01	nd	nd
P6	0,23	0,83	0,63	24,3	5,73	13,3	0,01	nd	nd

* Valores médios Crustais (mg.kg⁻¹) : Fe: 24230 ; Al: 7993; Mn: 774; Zn : 71; Cu: 25; Ni: 44; Co:17 ; La:30; Y:22

Os elementos que apresentaram maiores FE foram Mn (P2B, P3C e FP3C) e Zn (P1A, P2A, P3B, P3C), seguidos do Cu (todas as amostras) e Ni (P4, P5B,P6). Em geral, portanto, os maiores valores de FE foram para os Sítios 1 e 2, nas proximidades do Instituto de Química da UFF, e nos sítios 4, 5 e 6, mais poluídos. O Mn apresentou, no entanto, seus picos máximos nas amostras coletadas na área verde de Pendotiba, estando as mesmas no período de frutificação (setembro). Entre diversos lantanídeos medidos, apenas o elemento La foi detectado na maior parte das plantas e Y para as amostras P1 e P2 coletadas em junho. Lantanídeos são recentes indicadores de atividade antrópica, tanto devido a sua presença nos catalisadores utilizados no fracionamento de petróleo, bem como atividades nucleares ou materiais de ponta, como cerâmicas, baterias, entre outros [63,66]. A fonte natural de La^{III} são partículas de poeira, pois é elemento terrígeno e considerado imóvel ou seja, de difícil absorção pela planta [67,68]. Sabe-se que as rochas ígneas e sedimentos possuem uma quantidade de La natural existente, porém, se fosse o caso, deveriam ser

encontrados acima do LD em todas as amostras, já que estão expostas ao mesmo ambiente geológico. No caso das amostras P1 e P2, portanto, pode-se pensar em dois motivos para sua contaminação pelos representantes das Terras Raras: contribuição pelo antigo *cíclotron* ou o recente uso de cimento na construção do estacionamento, entre outras obras de reformas locais [69,70]. La e Y apresentaram FE abaixo de 1, o que denota que o algoritmo usado para não parece ser um índice esclarecedor para a fonte destes elementos. Do ponto de vista do autor, pode-se imaginar que talvez a planta não esteja conseguindo absorver tais elementos seja devido às suas propriedades químicas, seja por inibição sinérgica causada por outros elementos presentes, tais como Al ou Ca.

A matriz de correlação de Spearman obtida (Tabela 6) mostra fraca correlação significativa ($r_{\text{crítico}} = 0.60$; $P = 97\%$) entre o elemento Na e os elementos Ca, Fe e Cu (0,63; 0,62 e 0,66), indicando influência da brisa marinha e poeira particulada e correlação negativa com Mn (-0,68). De fato, maiores picos de Mn ocorrem na região serrana, longe do mar.

Ocorre também uma correlação positiva entre Co e K (0,61), bem como La e Al (0,64) o que é esperado, já que La e Al possuem algumas características químicas similares, devido aos seus raios iônicos e número de oxidação trivalente. É possível que mantenham semelhança de comportamento no que diz respeito à mobilidade e capacidade de absorção pela *Rhizopogon*. Neste trabalho é possível pensar na existência de pelo menos três fatores de influência para estes dados preliminares: a morfologia da *Rhizopogon*, que, por ausência de copo de acumulação em seu interior, como os existentes nas bromélias, deve absorver de forma direta os componentes carregados pela poeira do ar; a influência da concentração dos íons em efeitos sinérgicos ou inibitórios de absorção de outros íons; e a própria assinatura da poeira do ar. Na cidade de Niterói, por exemplo, além da poluição do tráfego, existe uma comum névoa marinha em determinadas épocas do ano, além da poeira oriunda das argilas da geologia local.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para as amostras de *Rhizopogon lindbergiana* coletadas na cidade de Niterói apresentaram, de forma geral as seguintes tendências: relação de Ca/K entre 1,16 e 0,08, apresentando, portanto, graus de hidratação ou de idade relativamente variada. Notou-se maior acúmulo de Mn nas amostras coletadas em época de frutificação, oriundas da área verde. Os elementos Ca, Mg e Na apesar de serem majoritários, mostram tendência variável e o de menor variabilidade foi o K. Encontrou-se uma significativa correlação entre o elemento Na e os elementos Ca, Fe e Cu e correlação negativa com Mn. Os sítios 1 e 2 próximos ao Instituto de Química apresentaram de forma geral maiores fatores de enriquecimento nos metais. Nestes sítios, pode-se detectar La e Y, porém seus FE foram

menores que 1, o que demonstra que este fator não foi capaz de explicar origem nem mecanismos de absorção seletiva da planta para alguns elementos. Mn apresentou maiores FE para as amostras de região menos poluída. Em geral, existem pelo menos três aspectos a serem levados em conta nos resultados: a morfologia da *Rhizopogon*, a influência da concentração dos íons em efeitos inibitórios de absorção de outros íons e a assinatura da poeira atmosférica, que parece refletir a contribuição do *spray* marinho. Tais resultados ainda são insuficientes para apontar ou negar a capacidade bioacumuladora da *Rhizopogon lindbergiana*, pois cuidados com a classificação de plantas de idades mais homogêneas e escolha mais aprofundada de um algoritmo para o fator de enriquecimento devem contribuir para a necessária melhoria da metodologia atual no que se refere à indicação de bioindicadores com caráter de bioacumulação de compostos e elementos químicos. Além do conhecimento mais aprofundado dos processos fisiológicos que envolvem tais elementos nas plantas em estudo.

Espera-se, no entanto, através deste trabalho, chamar a atenção para a importância da *Rhizopogon* e sua relação com o *stress* químico a que vem sendo subordinada nos tempos atuais.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Andréa Rocha pelo apoio durante a amostragem; ao Dr. Júlio Lombardi por sua gentil identificação da espécie; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro; à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da Universidade Federal Fluminense (PROPPi-UFF); ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelas bolsas PIBIC- UFF.

REFERÊNCIAS

- [1] Klumpp, A.; Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e ambientais. In: Maia, M.B.; Martos, H.L.; Bartella, W. (Eds). *Indicadores ambientais, conceitos e aplicações*. EDUC – EDITORA DA PUC: São Paulo, 2001.
- [2] Dos Santos, M. B. P.; *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal Fluminense, Brasil, 1981.
- Eclética Química, vol. 40, 42-51, 2015.

- [3] Motta, A. L. G.; *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal Fluminense, Brasil, 1980.
- [4] Lima, N. R. W.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1987.
- [5] Fischerová, Z.; Tlustos, P.; Száková, S.; Sichorova, K.; *Environ. Pollut.* 144 (2006) 93.
- [6] Bosco, M. L.; Varrica, D.; Dongarrá, G.; *Environ. Res.* 99 (2005) 18.
- [7] Adamo, P.; Bargagli, R.; Giordano, S.; Mondenesi, P.; Monaci, F.; Pittao, E.; Spagnuolo, V.; Tretiach, M.; *Environ. Pollut.* 152 (2007) 11.
- [8] Tyler, G.; *Forest Ecology and Management* 206 (2005) 167.
- [9] Huang, Y.L.; Wang, Q.; Yang, L.; Huang, B. *Talanta*, 70 (2006) 26.
- [10] Oliva, S.R.; Mingorance, M.D.; *Chemosphere* 62(2) (2006) 177.
- [11] Bech, J.; Duran, P.; Roca, N.; Poma, W.; Sánchez, I.; Barceló, J.; Boluda, R.; Roca-Pérez, L.; Poschenrieder, C.; *J. Geochem. Explor.* 113 (2012) 106.
- [12] Remon, C.; Bouchardon, J.-L.; Le Guédard, M.; Bessoule, J.-J.; Conord, C.; Faure, O. *Environ. Poll.* 175 (2013) 1.
- [13] Occielli, F., Bavdek, R., Deram, A., Hellequin, A-P., Cuny, M-A., Zwarterook, I., Cuny, D. *Ecological Indicators* 60 (2016), 781.
- [14] Giordano, S.; Adamo, P.; Spagnuolo, V.; Tretiach, M.; Barbagli, R.; *Chemosphere*, 90(2) (2013) 292.
- [15] Saiki, M.; Fuga, A.; Alves, E. R.; [Marcelli, M. P.](#); *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 273 (2007) 543.
- [16] Adamo, P.; Bargagli, R.; Giordano, S.; Mondenesi, P.; Monaci, F.; Pittao, E.; Spagnuolo, V.; Tretiach, M. *Environ. Pollut.* 152 (2008) 11-19.
- [17] Fuga, A.; Saiki, M.; Marcelli, M.P.; Saldiva, P.H.N.; *Environ. Pollut.* 151 (2008) 334.
- [18] Mrak, T.; Slejkovec, Z.; Jeran, Z.; *Talanta* 69 (2006) 251.
- [19] Benzing, D. H.; *Vascular Epiphytes*. Cambridge: University Press 1990, 354p.
- [20] Pignata, M. L.; Gudín, G. L.; Wannaz, E. D.; Plá, R. R.; González, C. M.; Carreras, H. A.; Orellana, L.; *Environ. Pollut.* 120 (2002) 59.
- [21] Husk, G. J.; Weishampel, J. F.; Schlesinger, W. H.; *Sci. Total Environ.* 321 (2004) 165.
- [22] Carmona, M. E. R.; Lopera, J. C. O.; Aristizabal, W.G.; *Ingeniería Química* 25 (2004) 15.
- [23] Figueiredo, A. M. G.; Alcalá, A. L.; Ticianelli, R. B.; *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 259 (2004) 59.
- [24] Wannaz, E. D.; Carreras, H. A.; Pérez, C. A.; Pignata, M. L.; *Sci. Total Environ.* 361 (2006) 1.
- [25] Graciano, C.; Fernandez, L.V.; Caldiz, D.O.; *Ecología Austral* 13 (2003) 3.
- [26] Bastos, W. R.; Fonseca, M. F.; Pinto, F. N.; Rebelo, M F.; dos Santos, S. S.; da Silveira, E. G.; Torres, J. P. M.; Malm, O.; Pfeiffer, W. C.; *Environ. Res.* 96 (2004) 235.
- [27] Cortes, E. J.; *Radioanal. Nucl. Chem.* 262 (2004) 269.
- [28] Rodriguez, J.H.; Pignata, M.L.; Fangmeier, A.; Klumpp, A.; *Chemosphere*, (2010) 208.
- [29] Giampaoli, P., Capelli, N.V. Tavares, A.R., Fernandes, F.F. Domingos, M. Alves, E.S. *Hoehnea* 42 (2015) 749.
- [30] Dettke, G. A.; Orfrini, A.C.; Milaneze-Gutierrez, M.A. *Rodriguésia*, 59 (2008) 859.
- [31] Kersten, R.D. *Hoehnea* 37(1) (2010) 9.

- [32] Toledo-Aceves, T.; García-Franco, J. G.; Lozada, S. L.; Mateos, M. L. L.; MacMillan, K.; *J. Tropical Ecology* 28 (2012) 423.
- [33] Calvente, A. M.; Freitas, M. F.; Andreato, R. H. P.; *Rodriguésia* 56 (2005) 141.
- [34] Pifano, D. S.; Valente, A. S. M.; de Castro, R. M.; Pivari, M. O. D.; Salimena, F. R. G.; de Oliveira-Filho, A. T.; *Rodriguésia* 58 (2007) 885.
- [35] www.parasiticplants.siu.edu/Documents/ReifThesisEnglish.pdf, acessada em Dezembro de 2009.
- [36] Gonzaga, D.R.; Zappi, D.; Furtado, S.G.; Neto, L.M. Rodrigues. *ia* 65(2010) 443.
- [37] Joly, A. B.; *Botânica, uma introdução à taxonomia vegetal*. 8^a.ed. Editora Nacional: São Paulo, 1987.
- [38] CRIA (CENTRO DE REFERENCIA EM INFORMAÇÃO AMBIENTAL) 2005, http://florabrasiliensis.cria.org.br/search?taxon_id=7612; acessada em maio de 2016
- [39] Friedman, K., Butcher, D. (1999) <http://www.rhipsalis.com/species/lindberg.htm>; acessada em Junho de 2016
- [40] Cota-Sánchez, J. H.; *Flora* 199 (2004) 481.
- [41] Cota-Sánchez, J. H.; Bonfim-Patricio, M.C. *Polibotânica*, 29 (2010) 107
- [42] Taylor, N.P. & Zappi, D. 2013. *Rhipsalis lindbergiana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013:e.T152475A640913. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T152475A640913.en>, Acessado em Junho de 2016
- [43] Taylor, N.; Olsthoorn, G.; Zappi, D.; Khew, G.; Quandt, D. *Bradleya* 32 (2014)2
- [44] Gonçalves, M.; Lombardi, J. A.; *Lundiana* 5 (2004) 3.
- [45] Calvente, A.M.; Andreato, R. H. P.; Vieira, R. C.; *Plant Systematic and Evolution* 276 (2008) 271.
- [46] Calvente, A. *Filogenia Molecular e Sistemática da Rhipsalis (Cactacea)*. Tese de Doutorado. São Paulo, 2010. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica. 185p.
- [47] Bauer, D.; Waechter, J. L.; *Acta Bot. Bras.* 20 (2006) 225.
- [48] Orihuela, R. L. L.; Waecher, J. L.; *J. Tropical Ecology* 26 (2010) 119.
- [49] Silva, C.H.G. *Anatomia e evolução de caracteres anatômicos do caule do gênero Rhipsalis Gaertner (Cactaceae)*. Dissertação (mestrado). Curitiba, 2012. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Botânica. 48p.
- [50] De Barros, A. A. M.; *Tese de Doutorado*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Escola Nacional de Botânica Tropical, Brasil, 2008.
- [51] De Paula, P. H./ Mateus, V. L.; Araripe, D. R.; DUYCK, C. B.; Saint’Pierre, T. D.; Gioda, A. *Chemosphere* 138 (2015) 429.
- [52] Larcher, W. *Ecofisiologia Vegetal*. RIMA editora, São Carlos, 2000.
- [53] Reimann, C., Caritat, P. (*Sci of the Total Environ.* 337(2005) 91.
- [54] Hortellani, M.A. e Sarkis, J.E.S.; *Química Nova*, 31 (2008) 10.

- [55] Neumann, M.H.; Mexias, A.S.; Vignol-Lelarge, M.L.; Gomes, M.E.B.; Inda Jr., A.V.; Caner, L.; Renac, C.; Ramos, E.; *Pesquisas em Geociências*, 39 (2012) 213.
- [56] Likuku, A.S.; Mmolawa, K. B.; Gaboutloeloe, G. K. *Research*, 1 (2013) 32.
- [57] Sucharovà, J.; Suchara, I.; Hola, M.; Marikova, S.; Reiman C.; Boyd, R.; Filzmoser, P.; Englmaier, P. *Applied Geochemistry*, 27 (2012) 138.
- [58] Sardans, J.; Peñuelas, J. *Environmental Monitoring and Assessment* 115 (2006) 473.
- [59] Kłos, A., Rajfur, M., Waclawek, M. *Ecological Chemistry and Engineering* 18 (2011) 171.
- [60] Taylor, S. R.; McLennan S. M.; *Rev. Geophys.*, 33 (1995) 241.
- [61] Condie, K.; *Chemical Geology*, 104 (1993) 1.
- [62] Rudnick, R.L.; Gao, S.; Composition of the Continental Crust, in: Holland, H.D.; Turekian, T.T. (Eds); *Treatise on Geochemistry (The Crust)*, v. 3, p. 5 Elsevier LTDA 2003.
- [63] Kulkarni, P.; Chellam, S.; Mittlefehldt, D.W. *Anal.Chim.Acta*, 581(2007) 247.
- [64] Martins, T.S.; Isolani, P.C. *Quim. Nova* 28 (2005) 111.
- [65] Ansari, S. A.; Mohaprata, P.K.; Manchanda, V.K.; *Ind. Eng. Chem. Res.* 48 (2009) 8605.
- [66] Yang, H. B.; Lee, E. H.; Lim, J. K.; Chung, D. Y.; Kim, K. W.; *J. Radioanal. Nucl.Chem* 280 (2009) 495.
- [67] Araripe, D. R.; Bellido, A. V. B.; Patchineelam, S. R.; Bellido, L. F.; Guimarães, M. T.; Vasconcellos, M.B.A.; *Radioanal Nucl Chem* 270 (2006) 103.
- [68] Araripe, D. R.; Bellido, A. V. B.; Patchineelam, S. R.; Latini, R. M.; Bellido, L. F.; Fávoro, D. I. T.; *Radioanal Nucl Chem* 290 (2011) 381.
- [69] Galunin, E.; Alba, M. D.; Santos, M. J.; Abrão, T.; Vidal, M.; *Geochim Chosm Acta*, 74 (2010) 862.
- [70] Oliveira, S. M. V.; Silva, P. S. C.; Mazzilli, B. P.; Favaro, D. I. T.; Saueia, C. H.; *Applied Geoch* 22(2007) 837.