

FAUNA EDÁFICA DE UM SOLO CONSTRUÍDO EM ÁREA DE MINERAÇÃO DE CARVÃO REVEGETADO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE *Poáceas*

Thais Murias JARDIM⁽¹⁾; Luciano GEISSLER⁽¹⁾; Eloy Antonio PAULETTO⁽¹⁾; Tânia Beatriz Gamboa de Araújo MORSELLI⁽¹⁾; Danilo Dufech CASTILHOS⁽¹⁾; Luiz Fernando Spinelli PINTO⁽¹⁾; Lizete STUMPF⁽²⁾; Jeferson Prass PIMENTEL⁽¹⁾; David de Lima de SOUZA⁽¹⁾; Francisco Itamar MACIEL Jr⁽¹⁾

¹Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, thais.murias@hotmail.com; ²Universidade Federal do Rio Grande - FURG

RESUMO

A mineração de carvão no município de Candiota-RS ocorre a céu aberto, no qual o perfil do solo é completamente suprimido para a retirada dos bancos de carvão. Posteriormente, a cava da área minerada é preenchida com estéréis e uma camada de solo superficial, gerando assim o "solo construído". A qualidade estrutural deste novo perfil de solo é extremamente afetada, e por isso, faz-se necessário o uso de revegetação com diferentes plantas de cobertura para recuperar os atributos e processos físicos, químicos e biológicos do novo solo reinserido no ambiente. O presente trabalho, portanto, teve como objetivo avaliar a influência de diferentes espécies de *Poáceas* na recuperação da fauna edáfica (ácaros e colêmbolos) de um solo construído após mineração de carvão. O estudo foi realizado na Mina de Candiota, pertencente à Companhia Riograndense de Mineração (CRM). O solo foi construído no início de 2003 e o experimento, com o cultivo de diferentes espécies de *Poáceas*, instalado em novembro/dezembro de 2003. Os tratamentos avaliados foram T1 - *Hemarthria altissima*; T2 - *Cynodon dactylon*; T3 - *Paspalum notatum*; T4 - *Urochloa brizanta*; T5 - revegetação espontânea. Como referência utilizou-se um solo construído sem cobertura vegetal e o solo natural denominados de T6 e T7, respectivamente. Para a coleta dos organismos da mesofauna do solo, utilizou-se o método do Funil Extrator de Tullgren na camada de 0,00-0,10 m, com duas repetições por tratamento. As avaliações realizadas foram o número total de organismos de cada grupo taxonômico e a relação ácaro/colêmbolo (A/C). Observa-se que o tratamento 1(*Hemarthria altissima*) destacou-se dos demais tratamentos estudados. Comparando os resultados médios obtidos nos diferentes tratamentos com os solos referências, verificou-se que houve um aumento médio de 2560,8% e 145% e redução de 60,28% e de 76,8% de ácaros e colêmbolos em relação ao solo construído sem cobertura vegetal (T6) e o solo natural (T7), respectivamente. Quanto à relação ácaro/colêmbolo observa-se que os valores variaram de 0 para os tratamentos T6 e T7 e 10 para o tratamento T4. O único tratamento que apresentou valor dentro do limite considerado ideal (intervalo de 4 a 5, segundo Bachelier, 1963), foi o T1 que apresentou o valor de 4,59. Conclui-se que: a) Após 11 anos de revegetação da área minerada constatou-se que diferentes plantas de cobertura afetam diferentemente a densidade de ácaros e colêmbolos, sendo a *Hemarthria altissima* a que apresentou os maiores valores; b) o monitoramento ao longo do tempo da fauna edáfica torna-se necessário para dimensionar as funções dos solos impactados pelo processo de mineração; c) a permanência da cobertura vegetal em solo construído é de fundamental importância para que a mesofauna (ácaros e colêmbolos) volte a interagir no ambiente solo-planta-organismos.

Palavras-chave: área degradada; *Hemarthria altissima*; ácaros; colêmbolos

ABSTRACT

Coal extraction in the municipality of Candiota-RS is made by surface strip mining, in which the soil profile is completely suppressed for the withdrawal of the coal seams. Subsequently, the pit is filled with the overburden and a layer of surface soil, thus generating the "constructed" soil. The structural quality of this new soil profile is extremely affected and revegetation with cover plants is used to recover the necessary soil physical, chemical and biological attributes in order to reinsert the new soil into the environment. The present work had the objective of evaluating the influence of different species of *Poaceae* on the recovery of the edaphic fauna (mites and collembola) of a constructed soil after coal mining. The study was carried out at the Candiota Mine, owned by Companhia Riograndense de Mineração (CRM). The soil was constructed in early 2003 and the experiment, with the cultivation of different species of *Poaceae*, was installed in November / December 2003. The treatments evaluated were T1 - *Hemarthria altissima*; T2 - *Cynodon dactylon*; T3 -

Paspalum notatum; T4 – *Urochloa brizanta*; T5 - spontaneous revegetation. As reference, a constructed soil without vegetation cover and the natural soil, treatments T6 and T7, respectively, were used. For the collection of soil mesofauna organisms, the Tullgren Extractor Funnel method was used in the 0.00-0.10 m layer, with two replicates per treatment. The evaluations were the total number of organisms of each taxonomic group and the relation mite/collembola (A/C). It was observed in the treatment 1 (*Hemarthria altissima*) higher values than the other treatments. Comparing the mean results obtained in the different treatments with the reference treatments, it was verified that there was an average increase of 2560.8% and 145% and reduction of 60.28% and 76.8% of mites and collembola in relation to the constructed soil without plant cover (T6) and natural soil (T7), respectively. Regarding the mite/ collembola ratio, values ranged from 0 for treatments T6 and T7 and 10 for treatment T4. The only treatment that presented value within the limit considered ideal (range of 4 to 5, according to Bachelier, 1963), was the T1, that presented the value of 4.59. After 11 years of revegetation of the mined area, it was concluded that: a) cover plants differently affect the density of mites and collembola, with the *Hemarthria altissima* being the one with the highest values; b) the monitoring over time of edaphic fauna is necessary to identify the impact of the mining process in the soils functions; c) the permanence of the vegetation cover in the constructed minesoils is of fundamental importance for the mesofauna (mites and collembola) to re-interact in the soil-plant-organisms environment.

Key-Words: degraded area; *Hemarthria altissima*; mites; collembola

1 INTRODUÇÃO

O carvão é um combustível fóssil com maior disponibilidade mundial. Até 2035 a demanda mundial exigirá um crescimento de 35% da operação de usinas (PIRES & HOLTZ, 2016). O Brasil possui uma das maiores reservas de carvão da América Latina, encontrando-se principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com aproximadamente 28,6 e 3,4 bilhões de toneladas (89 e 10,5% do estoque do país), respectivamente, totalizando, as reservas brasileira, 32,6 bilhões de toneladas (CRM, 2014).

No estado do Rio Grande do Sul a maior jazida de carvão está localizada no município de Candiota, que representa cerca de 38% de todo o carvão nacional, sendo destinado a geração de energia termoeletrônica e em local próxima a jazida.

Em Candiota a mineração ocorre a céu aberto, pois o carvão está localizado entre 12 e 25 m de profundidade. No entanto, a mineração de carvão a céu aberto é uma das formas mais bruscas de alterar e degradar o ambiente. O solo e o subsolo são removidos causando mudanças permanentes na topografia (SHRESTHA & LAL, 2011), pois envolve a movimentação de grandes volumes de solos e de rocha. Além de impactos visuais, há diversos problemas associados à erosão, compactação (STUMPF et al., 2016), entre outros.

A etapa inicial de extração de carvão a céu aberto consiste na retirada dos horizontes, saprólito e estéreis, sendo material depositado na cava aberta anteriormente, para a reconstrução topográfica da área. Os horizontes superficiais são recolocados sobre a camada de estéreis e práticas

agronômicas são realizadas no intuito de estabelecer poáceas e/ou fabáceas (BITENCOURT, 2014) para amenizar os impactos ambientes causados.

A degradação ocorre devido principalmente à alteração da vegetação nativa e da fauna do solo, remoção da camada fértil e alteração do regime de vazão do sistema hídrico. A degradação ambiental gerada não é um processo irreversível, mas sua recuperação é lenta e difícil. Primeiramente corrige-se os atributos químicos e físicos, para após recuperar-se os atributos biológicos.

Para recuperar as áreas degradadas, o uso de espécies vegetais é primordial, pois a adição de fitomassa ao solo proporciona cobertura, reduzindo a erosão e aumentando a matéria orgânica do solo, para a ciclagem de nutrientes (JOSA et al., 2012). A implantação de espécies vegetais é a maneira mais comum de recuperação. Deve-se, no entanto, ter o cuidado de implantar espécies que tenham capacidade para crescer rapidamente, proteger o solo, abrigar e alimentar a fauna edáfica, recompor a paisagem e restabelecer o regime hídrico (KOPEZINSKI, 2000), criando condições favoráveis para outras espécies mais exigentes.

Além da importância das plantas na recuperação das áreas degradadas, soma-se o efeito da fauna do solo, junto aos microrganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica do solo, participando na ciclagem de nutrientes, nos processos de estabilização de agregados. Devido a isso, o conhecimento das condições biológicas do solo é de grande importância no contexto ecofuncional de áreas degradadas pela mineração

(NOBREGA et al., 2004), já que a diversidade e a atividade microbiana do solo, junto com a fauna edáfica, constituem fatores imprescindíveis na sustentabilidade dos ecossistemas. O sucesso na recuperação dos solos degradados pela mineração se fundamenta no restabelecimento da cobertura vegetal e na recuperação dos atributos químicos, físicos e biológicos, proporcionando condições mínimas favoráveis ao desenvolvimento da vegetação.

A mesofauna edáfica é composta basicamente por ácaros (Acari) e colêmbolos (Collembola), (BARROS et al., 2010). Segundo Singh & Pillai (1975), os Oribatei (Acari: Cryptostigmata) e os Collembola (insecta) são os grupos mais ricos em espécies e indivíduos da fauna edáfica e representam de 72 a 97% dos indivíduos da fauna total de artrópodes do solo. Os ácaros são mais populosos em relação aos colêmbolos e tem papel importante na decomposição dos resíduos vegetais. Os colêmbolos são temporários (anuais), vivem na superfície do solo desde que tenham material orgânico e umidade favoráveis. São muito sensíveis às mudanças ambientais ou impostas pelo homem.

Diversos autores consideram a fauna edáfica como um excelente bioindicador da qualidade do solo, pois são seres sensíveis às práticas de manejo, à natureza da cobertura vegetal e às variações sazonais. De acordo com Zatorre (2008) o critério para uso de um parâmetro como bioindicador da qualidade do solo é a sua capacidade de interferir nos processos ecológicos, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas, e ser facilmente utilizável por especialistas, técnicos e agricultores.

A composição e a distribuição da fauna do solo podem ser influenciadas por condições abióticas como, temperatura, luminosidade e umidade, que variam com as estações do ano (sazonalidade) e com diferentes habitats (campo e floresta). Segundo Melo et al. (2009) a abundância e a diversidade da fauna do solo podem ser afetadas por fatores edáficos (tipo de solo, minerais predominantes, pH, temperatura, matéria orgânica, umidade, textura e estrutura), vegetais (tipo de vegetação e cobertura), históricos (humano e geológico), topográficos (posição fisiográfica e inclinação) e climáticos (precipitação pluvial, temperatura, vento e umidade relativa do ar).

As alterações nos organismos edáficos podem ser avaliadas em relação ao aspecto quantitativo (número e distribuição de indivíduos) e qualitativo (diversidade de espécies). A diversidade de espécies está associada à uma relação entre o número de espécies (riqueza de espécies) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies (equabilidade ou uniformidade). A própria riqueza de espécies pode ser utilizada como uma medida geral da diversidade.

Em áreas degradadas normalmente ocorrem menor número total de organismos e menor índice de diversidade, além de menor número de colêmbolos. A presença dos mesmos após a revegetação é um indicativo de que o solo está se regenerando e pode servir como um bioindicador da sua qualidade estrutural. O presente trabalho, portanto, teve como objetivo avaliar a influência de diferentes espécies de Poáceas na recuperação da fauna edáfica (ácaros e colêmbolos) de um solo construído após mineração de carvão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A mina de carvão de Candiota, da Companhia Riograndense de Mineração (CRM), localiza-se no município de Candiota-RS, a 140 km de Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul. A área selecionada foi construída no início de 2003, o experimento foi instalado em novembro/dezembro de 2003, em parcelas de 20m² (5m x 4m) em delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. A camada de solo reposta na área experimental é procedente do solo natural (original) retirada da área pré-minerada, sendo o solo classificado como um Argissolo Vermelho Eutrófico típico.

Antes da instalação do experimento, em face da área se encontrar extremamente compactada devido à grande circulação de máquinas durante a construção do solo, o solo foi escarificado, seguido por calagem correspondente a 10,4 Mg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 100%, e uma adubação de 900 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-20, com base em resultados obtidos pela análise de solo. Adubações anuais em todas as parcelas também foram realizadas aplicando 250 Kg ha⁻¹ da fórmula 5-30-15 e 250 Kg ha⁻¹ de sulfato de amônio.

Nas parcelas foram utilizadas poáceas perenes de verão, com período estival no inverno,

compondo os seguintes tratamentos: Hemátria (*Hemarthria altissima*), Tifton (*Cynodon dactylon* cv Tifton85), Pensacola (*Paspalum notatum*), Urochloa brizanta (*Urochloa brizantha*) e vegetação espontânea, denominados: T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente. Para efeitos comparativos foram utilizados os tratamentos: solo construído sem vegetação localizado na área adjacente ao experimento (T6) e o solo natural (T7), pertencente à área de mineração.

Para a coleta dos organismos da mesofauna do solo, representados por ácaros e colêmbolos, foi utilizado o método do Funil Extrator de Tullgren, proposto por Bachelier (1978). A metodologia para a aplicação do método de Tullgren consistiu na coleta de amostras de solo em outubro de 2014, na camada de 0,00 – 0,10 m, utilizando cilindros metálicos de aço inox de aproximadamente 0,005 m³ para cada tratamento com duas repetições. Nos tratamentos referências foram alocados quatro pontos aleatórios e a coleta realizada também com duas repetições.

Após a coleta, as amostras foram levadas ao Laboratório de Biologia do Departamento de Solos – FAEM/UFPEL – onde se procedeu a determinação da mesofauna (nº de ácaros e colêmbolos). O procedimento consistiu em colocar as amostras cuidadosamente em peneiras com malha de 2 mm na parte superior de cada funil. Na base dos funis foram colocados copos coletores contendo álcool 80%, mais quatro gotas de glicerina a fim de evitar a rápida evaporação do Álcool e, após, lâmpadas de 25 watts foram ligadas em cada funil. As lâmpadas permaneceram acesas durante um período de 48h para que, com a ação da luz e do calor, os organismos se deslocassem para baixo, assim sendo capturados pelo copo coletor com capacidade de 50 mL. Posteriormente, estes organismos coletados foram acondicionados em recipientes fechados e com a ajuda de uma lupa binocular foram observados, classificados e quantificados conforme Gallo et al (2002).

As avaliações realizadas foram o número total de organismos de cada grupo taxonômico, número total de indivíduos, número total de indivíduos por ha e a relação Ácaro/Colêmbolo (A/C).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de significância de 5% e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Foram estabelecidas correlações simples

de Pearson entre algumas variáveis, com significância obtida pelo teste t. Todas as análises foram realizadas por meio do software estatístico Sigmaplot (2004).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 que, após 11 anos de revegetação, o número de organismos (ácaros e colêmbolos) apresentou diferença nos valores médios entre os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5. O tratamento T1 destacou-se dos demais ao apresentar um número total médio de organismos de 12,66 para ácaros e 2,75 para colêmbolos. O destaque negativo foi para o tratamento referência T6 (solo construído sem cobertura) que apresentou valores médios de organismos de 0,25 e 0,00 para ácaros e colêmbolos, respectivamente.

Ao se analisar os resultados médios obtidos nos diferentes tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5) com as tratamentos referências (T6 e T7) verifica-se que houve respectivamente aumento médio de 2560,8% e uma redução de 60,28% para o número médio de ácaros, e aumento médio de 145% e uma redução de 76,8% para o número médio de colêmbolos. Observa-se ainda (Tabela 1), que o T1 destacou-se dos demais tratamentos, apresentando um valor de 4952% de aumento, quando comparado ao T6. Alves et al. (2003) encontrou número médio de 38 indivíduos coletados pela metodologia “Armadilha de Tretzel” em *Hemarthria altissima* sem adubação líquida de suínos.

Em todos os tratamentos o número médio de ácaros foi maior que o de colêmbolos do mesmo tratamento. Souto et al. (2008) cita que a grande diferença de número de espécimes de ácaros em relação ao de colêmbolos pode estar relacionada com a capacidade dos ácaros suportarem melhor as condições adversas do ambiente, como, por exemplo, a umidade do solo.

Quanto à relação A/C (Tabela 1) observa-se que os valores variaram de 0 para os tratamentos T2 e T6, e 10 para o tratamento T4, respectivamente. O único tratamento que está no limite considerado ideal (intervalo de 4 a 5) por Bachelier (1963) é o T1, que apresentou o valor de 4,59 mostrando a importância do manejo do solo e da cultura utilizada na vida da mesofauna presente no solo em estudo (ácaros e colêmbolos). O fato da *Urochloa brizantha* (T4) apresentar uma relação

desproporcional de ácaros em relação à de colêmbolos pode estar relacionado à própria cultura permitindo aos ácaros uma maior atividade devido às possíveis melhorias ocorridas na parte física do solo, além da cobertura superficial fornecida pela mesma não permitir aos colêmbolos uma atividade esperada. Isto provavelmente também seja devido a maior quantidades de raízes e seus exsudatos.

4 CONCLUSÃO

Após 11 anos de revegetação da área minerada constatou-se que diferentes plantas de cobertura afetam diferentemente a densidade de ácaros e colêmbolos. Sendo a *Hemarthria altissima* uma planta de cobertura que permite uma boa atividade da mesofauna (ácaros e colêmbolos), indicando a qualidade do solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento ao longo do tempo da fauna edáfica torna-se necessário para dimensionar as funções dos solos impactados pelo processo de mineração.

A permanência da cobertura vegetal em solo construído é de fundamental importância para que a mesofauna (ácaros e colêmbolos) volte a interagir no ambiente solo-planta-organismos.

Tabela 1 - Valores médios do número de Ácaros (A) e Colêmbolos (C) e relação A/C da camada de 0,00-0,10 m de um solo construído submetido à revegetação com diferentes espécies de cobertura.

Tratamentos	Ácaros	Colêmbolos	Total	1ha	Relação A/C
	Nº indivíduos				
T1	13	3	16	30.760.000	4,59
T2	4	0,00	4	650.000	-
T3	7	3	10	16.760.000	2,72
T4	8	1	9	16.500.000	10,00
T5	4	2	6	10.500.000	2,50
T6	1	0,00	1	50.000	-
T7	17	7	24	46.000.000	2,68

T1: *Hemarthria altissima*; T2: *Cynodon dactylon* cv. Tifton; T3: *Paspalum notatum* cv. Pensacola; T4: *Urochloa brizantha*; T5: vegetação espontânea; T6: solo construído sem vegetação; T7: solo natural

6 REFERÊNCIAS

ALVES, M.V.; BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; WILDNER, L. do P.; FIGUEIREDO, S.R.; MALUCHE, C.R.D.; BARZOTTO, I. Estudo da fauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo utilizando duas metodologias distintas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto, SP. Anais... Ribeirão Preto: UNESP/SBCS, 2003. CD-ROM.

BACHELIER, G. 'La faune des sols, son écologie et son action', Initiations at Documents Techniques, no 38, ORSTOM, Paris, p. 391, 1978.

BACHELIER, G. La vie animale dans les sols. Paris: Orstom, 1963. 279p.

BARROS, J.Y.; MELO, V. de F.; SAUTTER, K.D.; BUSCHLE, E.; OLIVEIRA, E.B. de; AZEVEDO, C.R.

de; SOUZA, L.C. de P.; KUMMER, L. Indicadores da qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II - Mesofauna e plantas. Revista Brasileira de Ciência do solo, 34:1413-1426, 2010.

BITENCOURT, D.G.B. Dinâmica de acidificação e metais no solo e subsolo de solos construídos na área de mineração de carvão de Candiota-RS. 2014. 125f. Tese (Doutorado em Solos), Programa de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

CRM-COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO- Mina de carvão de Candiota RS. Disponível em: <http://www.crm.rs.gov.br/conteudo/858/Mina_de_Candiota#.U9Y4RWOQBTs> 2014. Acesso em 13 de fev. 2016.

GALLO, D.NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J. Manual de Entomologia Agrícola, Piracicaba: Ed. FEALQ, 2002, 649p.

JOSA, R.; JORBA, M. & VALLEJO, V.R. Opencast minerestoration in a Mediterranean semiarid environment: Failure of some common practices. *Ecological Engineering*, 42:183-191, 2012.

KOPEZINSKI, I.. Mineração X Meio Ambiente: Considerações Legais, Principais Impactos Ambientais e Seus Processos Modificadores. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ed. da Universidade. Porto Alegre, 2000.

MELO, F.V.de; BROWN, G.G.; CONSTANTINO, G.; LOUZADA, J.N.C.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS J.W.de; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. *Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 38-43, 2009.

NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; LIMA, A. S. Caracterização fenotípica e diversidade de bactérias diazotróficas associativas isoladas de solos em reabilitação após a mineração de bauxita. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 28:269-279, 2004.

PIRES, A.; HOLTZ, A. Setor elétrico ante a demanda crescente. 2016. Disponível em:

<http://economia.estado.com.br/noticias/geral, setor-elétrico-ante-a-demanda-crescente-imp-,829857>. Acesso em jan. 2016.

SHRESTHA, R.K.; LAL, R. Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation. *Geoderma*, 161:168–176, 2011.

SIGMAPLOT. 2004. For Windows, version 9.01. Systat Software.

SINGH, J.; PILLAI, K.S. A study of soil microarthropod communities in same fields. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 12:579-590, 1975.

SOUTO, P.C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P. DE; SANTOS, R. V. DOS; ALLYSON ROCHA ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solos sob caatinga no semi-árido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 32: 151-160, 2008.

STUMPF, L.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Soil aggregation and root growth of perennial grasses in a constructed clay mine soil. *Soil and Tillage Research*, 161:71-78, 2016.

ZATORRE, N.P. Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo. *Gaia Scientia*, 2:9–13, 2008.