

Estratégia Nacional de Diversidade Biológica

Grupo de Trabalho Temático

MICROORGANISMOS E BIODIVERSIDADE DE SOLOS

Versão de 28/10/98

Coordenador: Vanderlei Perez Canhos (Unicamp, Campinas, SP)

Relator: Heitor Luiz da Costa Coutinho (Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ)

Auxiliar: Rosana Vazoller (Fundação André Tosello, Campinas, SP)

Membros do GTT:

Norma Rumjanek, Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ)

Alexandre Rosado, UFRJ (Rio de Janeiro, RJ)

Eleusa Barros, INPA (Manaus, AM)

João Lúcio de Azevedo, UMC (Mogi das Cruzes, SP)

Vivian Pellizari, USP (São Paulo, SP)

Fátima Moreira, UFLA (Lavras, MG)

José O. Siqueira, UFLA (Lavras, MG)

Gilberto de Moraes, ESALQ (Piracicaba, SP)

Ana Clara Schenberg, CBD Secretariat (Montreal, Canadá)

IMPORTÂNCIA.....	3
ESTADO DA ARTE.....	4
1. CONHECIMENTO.....	4
2. INICIATIVAS INTERNACIONAIS.....	7
<i>Diversitas</i>	7
<i>Programa Britânico</i>	7
<i>Informações e catálogos taxonômicos de espécies</i>	8
<i>Tropical Soil Biology and Fertility</i>	8
3. PROGRAMA DE AGROBIODIVERSIDADE.....	8
4. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO PAÍS.....	9
<i>Capacidade Institucional e Infraestrutura</i>	9
<i>Recursos Humanos</i>	13
<i>Centros de Recursos Genéticos</i>	13
<i>Programas e Projetos Integrados</i>	14
OBJETO.....	15
COMPROMISSOS.....	15
LACUNAS/QUESTÕES.....	16
METAS	17
ESTRATÉGIAS.....	18
PRIORIDADES.....	21
RECOMENDAÇÕES GERAIS	22
REFERÊNCIAS.....	23
Artigos em periódicos estrangeiros (últimos 3 anos):.....	23
Artigos em periódicos nacionais:.....	27
Livros, Capítulos de Livros e Anais:.....	28
Relatórios:.....	30
INTERNET LINKS	30

IMPORTÂNCIA

Os microrganismos apresentam uma imensa diversidade genética e desempenham funções únicas e cruciais na manutenção de ecossistemas, como componentes fundamentais de cadeias alimentares e ciclos biogeoquímicos.

Apesar de sua grande importância na manutenção da biosfera, estima-se que menos de 5% dos microrganismos existentes no planeta tenham sido caracterizados e descritos.

É importante ressaltar que grande parte dos avanços da biotecnologia moderna e agricultura são derivados das descobertas recentes nas áreas de genética, fisiologia e metabolismo de microrganismos.

A diversidade genética e metabólica dos microrganismos tem sido explorada há muitos anos visando a obtenção de produtos biotecnológicos, tais como a produção de antibióticos (estreptomicina, penicilina, etc.), de alimentos (cogumelos, etc.), processamento de alimentos (queijo, iogurte, vinagre, etc.), bebidas alcoólicas (vinho, cerveja, etc.), ácidos orgânicos (cítrico e fumárico), álcoois (etanol), alimentos fermentados (molho de soja), tratamento e/ou remediação de resíduos (esgotos domésticos, lixo), e, na agricultura, na fertilização de solos (fixação biológica de nitrogênio) e controle biológico de pragas e doenças (controle da lagarta da soja, da cigarrinha da cana de açúcar, de fitopatógenos como *Rhizoctonia* e outros).

A participação dos produtos oriundos das atividades microbianas no mercado global pode atingir de US\$ 35 a 40 bilhões ao ano. Entretanto, pode-se afirmar que esta exploração ainda é incipiente.

Os benefícios científicos esperados de um maior conhecimento sobre a diversidade microbiana incluem, entre outros, a melhor compreensão das funções exercidas pelas comunidades microbianas nos ambientes terrestres e o conhecimento das suas interações com outros componentes da biodiversidade, como por ex., as plantas e animais. Os benefícios econômicos e estratégicos estão relacionados com a descoberta de microrganismos potencialmente exploráveis nos processos biotecnológicos para: novos antibióticos e agentes terapêuticos; probióticos; produtos químicos; enzimas e polímeros para aplicações industriais e tecnológicas; biorremediação de poluentes; e biolixiviação e recuperação de minérios. Outros benefícios incluem o prognóstico e prevenção de doenças emergentes em seres humanos, animais e plantas, e a otimização da capacidade microbiana para a fertilização dos solos e despoluição das águas.

O solo, além de ser o principal substrato para a agricultura, é também suporte para estradas, fornece materiais para a construção civil, e é utilizado como depósito de lixo. É nos solos que se realiza a maior parte da ciclagem de nutrientes da qual o planeta Terra depende para se manter vivo. Por tudo isso, o solo é um recurso natural que deve ser conservado para que os serviços que ora prestam às sociedades sejam sustentáveis para as próximas gerações. A biodiversidade de solos tem um papel fundamental na regulação dos processos biogeoquímicos formadores e mantenedores dos ecossistemas. Dentre estes, incluem-se: a formação e estruturação de solos; a decomposição da matéria orgânica; a ciclagem de nutrientes; e a formação dos gases componentes da atmosfera terrestre. Algumas das características e funções importantes do solo resultantes da interação de sua biodiversidade com seus componentes químicos e físicos são:

- Gênese dos Solos
- Estrutura de Solos
- Matéria Orgânica, Capacidade de Retenção e Estoque de Nutrientes
- Ciclagem de Nutrientes
- Biodegradação de Xenobióticos
- Controle Biológico

Os solos e seus organismos podem ser afetados pela maneira como o homem cuida deste recurso natural. A atividade agrícola predatória, o desmatamento exacerbado, a poluição e as mudanças globais podem ter feitos deletérios sobre a biodiversidade e os processos ecológicos do solo, com consequências nefastas para o homem e o seu ambiente tais como:

- perda do potencial de produção agrícola
- redução das taxas de decomposição da matéria orgânica
- ruptura ou alterações nos ciclos globais de nutrientes
- aumento das emissões de gases causadores do efeito estufa
- degradação de terras, erosão e desertificação
- alteração do funcionamento hídrico e conseqüente diminuição da disponibilidade de água para as plantas

A elaboração de uma Estratégia Nacional de Diversidade Biológica para o Brasil deve considerar as peculiaridades da diversidade microbiana e da biodiversidade de solos, dada a importância deste componente biológico para o funcionamento do Planeta e para a sustentabilidade de atividades econômicas, como a agricultura e a indústria. Outra justificativa para um esforço integrado de pesquisa e prospecção tecnológica da biodiversidade de solos é a falta de conhecimento da verdadeira extensão desta diversidade nos bioma tropicais, e o grau de ameaça em que se encontra.

ESTADO DA ARTE

1. CONHECIMENTO

A grande maioria dos esforços de estudo e uso sustentável da biodiversidade tem sido enfocada em macrorganismos (mamíferos, aves, peixes e plantas). Estimativas recentes indicam que os microrganismos e invertebrados constituem quase que 90% das espécies da Terra e desempenham um papel fundamental no funcionamento de ecossistemas. Conhecemos mais de 80% das plantas e mais de 90% dos vertebrados existentes na natureza, enquanto que conhecemos menos de 1% das bactérias e vírus e menos que 5% dos fungos. Embora sejam menos estudados, muitos grupos de microrganismos são essenciais para a sobrevivência das formas de vida na terra.

Considerando a sua enorme importância como componentes de ecossistemas e comunidades biológicas, e o papel que desempenham em ciclos biogeoquímicos associados à manutenção da biosfera, pouca atenção tem sido dada à importância dos microrganismos e invertebrados na implementação da Convenção sobre a Diversidade Biológica.

Através do emprego de técnicas moleculares os microbiologistas estão apenas começando a desvendar a enorme diversidade microbiana existente e correlacioná-la com o funcionamento de ecossistemas. O pouco que conhecemos indica que a diversidade fisiológica, metabólica, genética e filogenética de microrganismos não encontra paralelo em nenhuma outra forma de vida.

O conhecimento das funções dos diferentes componentes da biodiversidade de solos e sedimentos, e de suas inter-relações e taxas de ocorrência nos diferentes biomas, sob diversas pressões antrópicas, é bastante limitada em virtude da escassez de informações taxonômicas disponíveis. Há diversas iniciativas atualmente em curso no País que visam o entendimento do efeito de diferentes sistemas de uso agrícola da terra sobre os organismos de solo, sendo que algumas já produziram publicações em periódicos com corpo editorial (ver seção de **referências**). No entanto, as iniciativas têm sido isoladas, estáticas e mono-disciplinares, o que não permite a investigação das relações entre estrutura e função da biodiversidade de solos.

O conhecimento sobre a diversidade de organismos diretamente relacionados à fertilização biológica de solos está em estágio mais avançado no Brasil. Isto decorre do anseio pela sustentabilidade na agricultura, com redução da dependência de insumos químicos. Os métodos de fertilização biológica são baseados no uso de inoculantes microbianos, principalmente bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares. O fósforo absorvido pelas hifas dos fungos associados às raízes juntamente com o nitrogênio fixado do ar pelas bactérias são nutrientes essenciais para as plantas. Apesar de diversos grupos de pesquisa estarem ativamente engajados nestas pesquisas, nota-se, no geral, ausência de iniciativas que propiciem uma integração de esforços entre os especialistas das diferentes áreas (fixação de nitrogênio, micorrizas, micro- e mesofauna, processos biogeoquímicos, manejo de solos, etc.).

Além da importância agrícola, alguns dos componentes da biodiversidade do solo têm aplicações na recuperação de sítios contaminados pela presença de poluentes tóxicos. Tecnologias apropriadas para a biorremediação de solos impactados pela disposição de hidrocarbonetos, por exemplo, revelam que os solos podem constituir-se como biorreatores em “estado sólido”, eficientes na remoção controlada da matéria carbonácea através da atuação de microrganismos. Os processos denominados “landfarming”, ou métodos de disposição de resíduos no solo, notadamente óleos residuais da indústria petrolífera e derivados, são empregados há alguns anos como solução adequada ao meio ambiente. Os microrganismos degradadores de hidrocarbonetos possuem uma dimensão sem igual na recuperação de áreas poluídas, e o destino dos compostos poluentes pode seguir diferentes rotas biológicas.

No Brasil, existem alguns exemplos de processos de remediação biológica de poluentes no solo, em setores específicos da indústria. A Petrobrás tem realizado experimentos com “landfarming” na Refinaria Duque de Caxias (RJ), com o avaliação do efeito da borra de petróleo nas populações bacterianas do ciclo do nitrogênio.

Vírus

Os vírus podem ser conceituados como agentes infecciosos muito pequenos, sem estrutura celular, contendo um só tipo de ácido nucléico. Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, apresentam um processo de multiplicação sem paralelo com a reprodução dos demais organismos e, de modo geral, a definição de espécies virais não é bem determinada.

Bactéria e Archaea

Estima-se que são conhecidos apenas 1% das bactérias de solos. O número de espécies de bactérias de solos descrita na literatura vem crescendo nos últimos anos em virtude do desenvolvimento de ferramentas de biologia molecular que possibilitam a análise de sequências de DNA a partir de material genômico extraído diretamente do solo. As novas técnicas evidenciaram a enorme diversidade genética de bactérias presentes em apenas 1 grama de solo. Estima-se que em 1 g de solo ocorram entre

20 e 40 mil espécies bacterianas . Considerando-se que são descritas apenas 4.100 espécies de bactérias, cuja maioria não é de solos, há uma enorme lacuna de conhecimento a ser preenchida em estudos de biodiversidade.

Fungos

Estima-se que apenas 5% dos fungos existentes nos solos tenham sido descritos . Os fungos envolvem-se em inúmeras relações mutualistas, amensais, comensais e competitivas com outros organismos do solo. Muito progresso tem sido feito com relação à catalogação de fungos superiores, que formam sistemas de reprodução macroscópicos (cogumelos). Já os micorrízicos, que formam relações mutualistas com plantas, foram muito pouco estudados. Os fungos micorrízicos arbusculares são comuns em todo o mundo, porém apenas as espécies associadas a plantas de interesse agrícola foram estudadas de maneira adequada. Já os fungos ectomicorrízicos apresentam um grau de especificidade superior aos arbusculares.

Protozoários

Estima-se que apenas 10% dos protozoários do solo são conhecidos. Eles são, juntamente com os nematóides, os principais predadores de microrganismos dos ecossistemas terrestres. Os protozoários poderiam ser classificados de acordo com sua preferência alimentar (bactérias ou fungos), preferência de habitat (acidófilo ou neutrófilo), ou importância ecológica. Alterações na diversidade de protozoários poderiam ser relacionadas a mudanças nos processos ecológicos do ecossistema. Por exemplo, se numa amostra de solo predominam espécies acidófilas e de preferência alimentar por fungos, podemos derivar informações sobre a composição das populações de fungos e bactérias, além do pH do solo. As informações sobre a população de fungos, por sua vez, podem indicar a qualidade da matéria orgânica em decomposição no solo.

Nematóides

Os nematóides do solo são criaturas microscópicas que vivem nas películas de água formadas ao redor de partículas do solo. Estima-se que mais de 100.000 espécies de nematóides do solo ainda estão para ser descritas. Estes animais são muito importantes para as cadeias tróficas de todos os solos. Da mesma forma que em outros grupos de organismos do solo, são mais conhecidas as espécies de nematóides parasitas de plantas de interesse agrícola, uma vez que causam redução da produtividade das culturas, afetam a translocação de água e nutrientes pela planta, além de diminuir a qualidade e o tamanho de frutos e tubérculos. Devido a alta importância destes organismos para o equilíbrio ecológico dos solos, um grande esforço e incentivo deveria ser dado à pesquisas visando a descrição e o conhecimento das espécies de nematóides de vida livre no solo, para que possamos prever alterações na sua diversidade em função de atividades antrópicas.

Ácaros

São conhecidos 45.000 espécies de ácaros no mundo. Estima-se que este número representa apenas 5% do total de espécies existentes . Os ácaros são o grupo de artrópodos de maior diversidade, o que reflete na sua grande diversidade de hábitos alimentares.

Insetos

Os insetos de solos em ecossistemas naturais têm sido muito pouco estudados. Os cupins são os principais decompositores na maioria dos ecossistemas terrestres tropicais, sendo responsáveis por até 30% da produção primária líquida e de até 60% da digestão de liteiras. A ação dos cupins resulta num aumento da macroporosidade e da capacidade de infiltração dos solos, que traz benefícios para a capacidade de retenção de água e da produtividade dos solos. A diversidade de espécies de formigas

diminui a medida que aumentam a latitude, altitude e a aridez do ambiente. As formigas podem ser predadoras, herbívoras ou granívoras e bioturbadoras, acarretando em alterações nas propriedades física e química dos solos. As galerias e câmaras escavadas no solo aumentam a porosidade, aumentando a drenagem e a aeração, além de reduzir a densidade absoluta dos solos. Collembola são pequenos insetos sem asas, diferenciados em grupos ecomorfológicos de ocorrência específica em diferentes horizontes do solo. A maior parte é altamente especializada na predação de fungos, bactérias, actinomicetos e algas do solo.

Minhocas

A diversidade de espécies de minhocas é determinada pelo tipo de solo e pela qualidade da matéria orgânica, teor de nutrientes, e o grau de distúrbio causado pelo homem. Estes fatores são mais determinantes para a diversidade de minhocas do que a diversidade de plantas. Os diferentes grupos de minhocas variam conforme a morfologia e tipo de comportamento, o que por sua vez resultará em efeitos pedológicos. Daí a necessidade de se estudar a relação entre a diversidade de minhocas, a pressão antrópica, e as características do solo.

Revisões sobre o estado da arte e conhecimento sobre vírus, microrganismos e invertebrados de solos no Estado de São Paulo e Brasil estão disponíveis na página Web do BIOTA/FAPESP <http://www.biotasp.org.br/>

2. INICIATIVAS INTERNACIONAIS

Diversitas

Este programa foi criado por cientistas internacionais visando estabelecer um fórum de discussões para facilitar a cooperação internacional em pesquisas e tomada de decisões referentes a problemas globais ambientais. O programa Diversitas é uma parceria entre organizações intergovernamentais e não governamentais, com o objetivo de promover, facilitar e catalisar pesquisa científica em biodiversidade, com ênfase na origem, composição, manutenção conservação e função em ecossistemas. Entre os elementos centrais e áreas prioritárias especiais de pesquisa do plano operacional do programa Diversitas incluem biodiversidade de solos e sedimentos e biodiversidade microbiana. (<http://www.lmcp.jussieu.fr/icsu/DIVERSITAS/index.html>)

Programa Britânico

O Natural Environment Research Council (NERC) da Grã-Bretanha está iniciando um programa de pesquisa, educação e treinamento sobre a "Diversidade Biológica e sua função em Ecossistemas" (<http://mwnta.nmw.ac.uk/soilbio>). O programa tem como meta a integração de descrições taxonômicas e estratégias experimentais de forma a permitir o teste de hipóteses sobre a função da biodiversidade em ecossistemas. O programa será baseado no estudo intensivo de um sítio único de amostragem, o sistema de pastagem da Sourhope Research Station, que é parte da Rede Britânica de Mudanças Ambientais sendo o local mais estudado no programa SOAFED Micronet (<http://www.scri.sari.ac.uk/micro/>). Sourhope tem áreas extensivas de pastagem (Agrostis-Festuca) para as quais dados sobre diversidade microbiana estão sendo disponibilizados. Os dados sobre a fauna são limitados. O Programa terá acesso ao ECOTRON (<http://forest.bio.ic.ac.uk/cpb/cpb/ecotron.html>) do Centro de Biologia Populacional do Imperial College, no qual um ecossistema simplificado de pastagens será criado com comunidades de diversidade variável, restrita a determinados grupos taxonômicos. O programa do NERC está sendo estabelecido de forma colaborativa com o Programa de Biodiversidade de Solos da Colorado State University financiado pela NSF (<http://www.nrel.colostate.edu/soil/home.html>).

Informações e catálogos taxonômicos de espécies

A organização dos dados taxonômicos existentes sobre a diversidade microbiana e biodiversidade de solos é um problema a ser resolvido, uma vez que não existe uma listagem global das espécies conhecidas. Este problema já está sendo tratado dentro do escopo da iniciativa SPECIES 2000 (<http://www.sp2000.org/>), um esforço colaborativo internacional para a elaboração de um catálogo eletrônico de todas as espécies descritas de animais, plantas, fungos e microrganismos. Este catálogo virtual de nomes científicos validados, com controle de qualidade, será disponibilizado através de bases de dados autônomas associadas interoperáveis. O modelo integrado adotado pelo Species 2000 é composto de segmentos de bases de dados globais de espécies (Global Species Databases, GSDs) onde cada GSD é uma base de dados taxonômica vinculada a um sistema federado contendo informações de um determinado grupo de organismos.

A coleta de dados complementares associados a nomes científicos também necessita ser trabalhada. Esta lacuna foi identificada como prioridade máxima para um programa multi-milionário de 15 anos visando o estabelecimento do Global Biodiversity Facility (GBIF) ,a ser financiado pelos países membros da OECD (Organization for Economic Cooperation and Development).

Tropical Soil Biology and Fertility

O TSBF é um programa de pesquisas internacional sem fins lucrativos e voluntário, registrada como firma de caridade na Inglaterra e País de Gales. O programa tem a coordenação do Dr. Michael Swift, sediado em Nairobi, Quênia. Um dos seus objetivos é o levantamento e a conservação da biodiversidade nos trópicos. Atua em países da África e, mais recentemente, no Brasil, através de um projeto que abrange o estudo de vários grupos de micro e macroorganismos do solo, e do qual fazem parte no Brasil as seguintes instituições: UFLA, UNB, CENA, Embrapa, e na próxima etapa, já em processo de análise por agentes financiadores, também será incluído o INPA e a Fundação Universidade do Amazonas. O projeto abrangeu na primeira fase 3 países e está sendo estendido para 7 países. No Brasil a coordenação do projeto está a cargo da Prof. Fátima Moreira (UFLA). Uma das iniciativas associadas ao TSBF é a Rede Mundial Macrofauna, coordenada pelo Dr. Patrick Lavelle (França), com atividades no Brasil. (tsbfinfo@tsbf.unon.org)

3. PROGRAMA DE AGROBIODIVERSIDADE

O novo desafio para a agricultura, no atual quadro de expansão da economia global, é o da produção estável em bases sustentáveis - o que exige tecnologias e práticas de gestão que assegurem um ambiente sadio, eficiência econômica e repartição justa dos benefícios. A biodiversidade de solos é uma parte inseparável desse conceito de sustentabilidade na agricultura pelos seguintes motivos:

- Um estoque de diversidade genética microbiana é salvaguarda contra pestes e estresse ambiental, assim como é fonte de resistência genética;
- Um ambiente diversificado propicia um escudo contra perturbações no agroecossistema, sejam elas naturais ou causadas pelo homem;
- A diversidade de espécies e de habitats assegura estruturas e funções alternativas, capacidade de resistir a pressões ambientais.

Entre outros bens e serviços insubstituíveis oferecidos à agricultura pela diversidade biológica, assegurando a produtividade e a qualidade ambiental, estão:

- O estoque de microrganismos e invertebrados de solos que permitem o controle biológico natural;

- A participação de microrganismos na manutenção dos ciclos naturais da água, da energia, do nitrogênio e do carbono, entre outros;
- As associações simbióticas;
- A resistência genética, que pode advir de genes microbianos;
- Novas espécies de importância econômica.

Diante desse quadro, o Governo Brasileiro apresentou ao Segundo SBSTTA (Montreal, Setembro de 1996), uma proposta de um programa de agrobiodiversidade destinado a reduzir os impactos das práticas agrícolas sobre a biodiversidade. Estes levam à homogeneização de paisagens, à perda de espécies e a danos aos processos naturais e ciclos de nutrientes. Esta proposta visa também abrir caminhos, no âmbito da CDB, para procedimentos que compatibilizem a conservação da diversidade biológica com a atividade econômica, incluindo a repartição de benefícios que derivem do uso de recursos genéticos.

A proposta do Governo Brasileiro ao SBSTTA-II considerou como prioritários para estudos os microrganismos simbióticos em solos e os insetos polinizadores. Estes itens da proposta brasileira foram incorporados na Decisão III /11 da Terceira Conferência das Partes (Buenos Aires,1996). A Quarta Conferência das Partes (1998,Bratislava) resolveu ampliar o enfoque dado aos microrganismos de solos (anexo 3 da decisão III/11) para toda a biota de solos (IV/6, Agricultural biological diversity; <http://www.biodiv.org/cop4/FinalRep-/6.html>.) e solicitou que o SBSTTA faça recomendações para o desenvolvimento de um programa plurianual de biodiversidade agrícola a ser deliberado pela Quinta Conferência das Partes a ser realizado em Nairobi, em maio do ano 2000.

4. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO PAÍS

Capacidade Institucional e Infraestrutura

Capacidade institucional e infraestrutura adequada que contemplem os recentes avanços em bioinformática e genômica funcional são essenciais para o estabelecimento de um programa de Agrobiodiversidade. No Brasil existem poucas instituições altamente capacitadas e adequadamente equipadas. É necessário ampliar o quadro de capacitação (infraestrutura e recursos humanos) existente e promover programas e consórcios que facilitem a interação interinstitucional.

Dentre as instituições (Lista Preliminar) que atuam em pesquisa e ensino em áreas de interesse para um programa de agrobiodiversidade, destacam-se:

EMPRESA BRASILEIRA DE AGROPECUÁRIA (EMBRAPA)

É uma empresa pública vinculada ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento, com personalidade jurídica de direito privado. Ela pesquisa todos os produtos que compõem a alimentação do brasileiro: do pão à carne, do leite ao feijão. Sua missão é gerar, promover e transferir conhecimento e tecnologia para o desenvolvimento sustentável dos segmentos agropecuário, agroindustrial e florestal, em benefício da sociedade. <http://www.embrapa.br>.

Embrapa Agrobiologia

A Embrapa Agrobiologia tem por objetivo: criar, adaptar e desenvolver conhecimentos e tecnologias na área de agrobiologia; estimular o desenvolvimento sustentável em sistemas agrícolas produtivos e economicamente viáveis para satisfazer as necessidades humanas, mantendo ou aumentando a qualidade ambiental e

conservando os recursos naturais; estimular e apoiar outras instituições na geração de conhecimentos relevantes para a área de agrobiologia.

<http://www.cnpab.embrapa.br/> .

Embrapa Soja

As linhas de pesquisa desenvolvidas em Microbiologia do solo incluem a: seleção de estirpes de rizóbio mais eficientes e competitivas; caracterização fisiológica, bioquímica e genética de populações estabelecidas de rizóbio; obtenção de estirpes mutantes com maior tolerância ao Al e Mn do solo; seleção de métodos de inoculação; avaliação de efeitos tóxicos da aplicação de fungicidas e micronutrientes em sementes sobre o rizóbio; seleção de genótipos de soja de alta eficiência de fixação biológica de nitrogênio. <http://www.cnpso.embrapa.br/microtec.htm>.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ)

A missão da Fiocruz é gerar, absorver e difundir conhecimentos científicos e tecnológicos em saúde pelo desenvolvimento integrado de atividades de pesquisa, ensino, informação, tecnologia e produção de bens e serviços, com a finalidade de proporcionar apoio estratégico ao Sistema Único de Saúde e contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população e para o exercício pleno da cidadania. <http://dcc007.cict.fiocruz.br/presidencia/presidencia.htm>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Pós-graduação em Microbiologia Agrícola

O curso oferece opções em nível de mestrado e doutorado nas áreas de Fisiologia e Metabolismo Microbiano, Genética Molecular e de Microrganismos, Ecologia Microbiana, Microbiologia Industrial e Biotecnologia, Microbiologia dos Alimentos, Microbiologia do Solo. Algumas linhas de pesquisa são: fixação biológica de N₂; associações micorrízicas; qualidade microbiológica de alimentos; patógenos de origem alimentar; bactérias lácticas e probióticos; microbiologia dos processos fermentativos de produtos agroindustriais; fungos produtores de enzimas de interesse industrial; biologia molecular de fungos de interesse industrial; e metabolismo de carboidratos em microrganismos. <http://www.ufv.br/dmb/cpmicrag.htm>

UFLA - UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

Departamento de Ciência do Solo, Ciências Florestais e de Biologia

As linhas de pesquisa desenvolvidas em microbiologia do solo são: ecologia de fungos micorrízicos; cultura axênica de fungos endomicorrízicos; fungos endomicorrízicos no cafeeiro; desenvolvimento de produtos estimulantes da micorrização; uso de fungos micorrízicos em espécies frutíferas e ornamentais; dependência micorrízica, capacidade nodulífera e uso de fungos micorrízicos e rizóbio em essências nativas; fungos ectomicorrízicos; fixação biológica de N₂ em leguminosas; ecologia e taxonomia de rizóbio de leguminosas florestais tropicais; maximização da fixação biológica de N₂ (FBN) em leguminosas; impacto e reabilitação de solos contaminados com metais pesados; ocorrência e diversidade de microrganismo do solo pertencentes a grupos funcionais distintos em diversos ecossistemas.

Pesquisadores: Jose Oswaldo Siqueira, Fatima M.S.Moreira, Dulcineia de Carvalho, Sebastiao Rosado, Romildo Silva. <http://www.ufla.br>

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo

Localizado no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ, o CPGA-CS obedeceu, desde o início de sua criação, à uma política de otimização e racionalização de recursos materiais e humanos. Dentro deste princípio, todo potencial de orientação e capacitação docente dos pesquisadores do Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia), vem sendo aproveitado ao longo dos anos, bem como toda infra-estrutura física e capacidade instalada dos laboratórios, biblioteca e campo experimental pertencentes àquela instituição. Esta interrelação histórica entre o Departamento de Solos da UFRRJ e o Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia pode ser considerada, sem sombra de dúvidas, como um dos fatores responsáveis pela excelência alcançada, caracterizando-o ainda como um curso inter-institucional. http://www.ufrj.br/posgrad/cpacs/f_cpacs.htm.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Microbiologia Prof. Paulo de Góes da UFRJ

Departamento de Microbiologia Geral

O Instituto de Microbiologia Prof. Paulo de Góes, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) existe a mais de 45 anos e possui um curso de pós-graduação em microbiologia (mestrado/doutorado) pioneiro no Brasil. O departamento de microbiologia geral desse instituto possui pesquisadores que desenvolvem pesquisas sobre diversidade de bactérias, fungos, leveduras e vírus. Alguns dos membros do corpo docente são: Alexandre Soares Rosado - Laboratório de Ecologia Molecular e Microbiologia do Solo, Lucy Seldin - Laboratório de Genética Microbiana, Leda Mendonca-Hagler - Laboratório de Ecologia Microbiana e Taxonomia de leveduras, Allen Hagler - Coleção de Culturas de Leveduras, Rosalie Reed Coelho - Laboratório de Microbiologia do Solo, Tomaz Langenbach - Laboratório de Ecotoxicologia, Fernando Portela - Laboratório de Febres Hemorrágicas virais, Ulysses Lins - Setor de Microscopia Eletrônica.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

O setor de microbiologia de solos é bastante ativo, quanto às pesquisas sobre a ação de microrganismos em solos e no desenvolvimento das plantas.

<http://www.esalq.usp.br/d-solos/>.

Centro de Energia Nuclear na Agricultura

O Laboratório de Biologia Celular e Molecular desenvolve pesquisas, ao nível celular e molecular, sobre a fisiologia, bioquímica e genética de plantas e microrganismos, e suas interações. As linhas de pesquisa, voltadas para a agronomia e ambiente, se enquadram em quatro sub-áreas principais: microbiologia ambiental, análise genética e melhoramento genético em sistemas leguminosa-microrganismos usando marcadores bioquímicos e moleculares, fisiologia e bioquímica de plantas e microrganismos sob estresse ambiental e certificação de commodities agrícolas para consumo interno e exportação. O emprego de técnicas avançadas tais como o cultivo de células, a clonagem e expressão de genes de interesse e a análise genética via marcadores moleculares possibilita maior eficiência em estudos de diversidade genética e caracterização de recursos genéticos.

<http://www.cena.usp.br/labs/labbiocelmol.htm>.

Instituto de Ciências Biomédicas

Laboratório de Microbiologia Ambiental: Ênfase em pesquisa sobre a biodiversidade de bactérias isoladas de ecossistemas diversos e biorremediação de solos contaminados com compostos poluentes e recalcitrantes.

Pesquisadores: Vivian Pelizari (Bactérias aquáticas e biorremediação/Rhodococcus), Irma Nelly Gutierrez Rivera (E. coli e v. cholera).

Laboratório de Genética de Microrganismos: Dentre linhas de pesquisas destacam-se desenvolvimento de novas leveduras hospedeiras, isoladas de diferentes biomas brasileiros; o isolamento e caracterização de bactérias endófitas fixadoras de nitrogênio; e o isolamento de estreptomicetos produtores de compostos biologicamente ativos.

Pesquisadores: Crodowaldo Pavan (Bactérias endófitas fixadoras de nitrogênio), Elisabete Jose Vicente (leveduras/matias tropicais), Gabriel Padilla (Streptomyces).

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO, Campus de Rio Claro:

Pesquisador: Fernando Carlos Pagnocca (Fungos filamentosos/ formigas)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, Faculdade de Engenharia de Alimentos
Laboratório de Sistemática Microbiana: Laboratório especializado em sistemática microbiana e equipado para fazer análises quimiotaconômicas.

Pesquisadores: Vanderlei Perez Canhos (Taxonomia de Bacillus e Lactobacillus), Pilar Rodriguez de Massaguer (Bacillus), Lucia Durrant (Fungos e Ascomicetos lignocelulolíticos), Lara Dures Sette (Actinomicetos/ Degradação de herbicidas).

Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética (CBMEG): Ênfase na tipagem molecular de bactérias de interesse industrial e ambiental.

Pesquisadores: Yoko Bomura Rosato (caracterização molecular de bactérias), Laura M. Ottoboni (Diversidade molecular de Thiobacillus).

INSTITUTO BIOLÓGICO – São Paulo

Desenvolve pesquisas voltadas para proteção ambiental com ênfase em: toxicologia de herbicidas nos organismos do solo; efeitos de pesticidas sobre a microflora do solo; comportamento de pesticidas em solos, além do impacto de repetidas aplicações.
<http://www.biologico.sp.gov.br/bio01.htm#02>.

INSTITUTO DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO

Desenvolve pesquisas com ênfase em sistemática de fungos de interesse ambiental.
Pesquisadores: Aduino Ivo Milanez (fungos zoospóricos), Adriana M. Gugliotta (polyporaceae), Aírton Viriato de Freitas (mucorales), Alcides Ribeiro Teixeira (polyporaceae), Carmen Lídia A. Pires-Zotarelli (fungos zoospóricos), Iracema Helena Schoenlein-Crusius (hyphomycetes aquáticos), Lucy Kimie Okino (agaricales), Marcelo P. Marcelli (fungos liquenizados), Marina Capelari (agaricales), Oswaldo Fidalgo (polyporaceae), Rosely A. Piccolo Grandi (hyphomycetes terrestres), Sandra Farto Botelho Trufem (mucorales, glomales), Vera Lúcia Ramos Bononi (glomales, aphylophorales).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

O INPA, através das Coordenações de Pesquisas em Ecologia (CPEC) e em Ciências Agronômicas (CPCA) realizam diversas pesquisas nas áreas de microbiologia, ecologia e biodiversidade de solos amazônicos sob diferentes pressões de uso e manejo. Alguns dos pesquisadores envolvidos são:

Elisiana Pereira de Oliveira - Mesofauna de Solo - Colembola, Elizabeth Nazare Franklin - Sistemática e Ecologia de Ácaros, Lucille Marilyn May Kriger D'amorim Antony - Ecologia do Solo, Regina Celi Costa Luizão - Ecologia de Solo, Flávio Jesus Luizão - Ecologia de Solo, Francisco Wesen Moreira - Microbiologia do Solo, Luiz Antonio de Oliveira - Microbiologia do Solo, Luiz Augusto Gomes de Souza - Microbiologia do Solo.

<http://www.inpa.gov.br/>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Departamento de Solos – Centro de Ciências Rurais possui laboratórios de microbiologia e biologia de solos sob responsabilidade dos Profs. Marcos Rubens Fries e Ecila Maria Nunes Giracca, respectivamente, com pesquisas em avaliação da diversidade microbiana em solos sob diferentes tipos de sistema de cultivo. http://www.ufsm.br/index_projetos.html.

FUNDAÇÃO "ANDRÉ TOSELLO"

Coleção de Culturas Tropical

Ênfase na caracterização taxonômica e tecnológica de microrganismos isolados de diferentes biomas brasileiros. Coleção de Culturas de referência para estudos taxonômicos e tipagem molecular de microrganismos de interesse industrial e ambiental. Pesquisadores: Gilson Paulo Manfio (Actinomicetos), Sílvia Yuko Eguchi (Bactérias anaeróbicas redutoras de sulfato), Rosana Vazoller (Archea), Márcia Emilia Pinhati (Bacillus), Valeria Maia de Oliveira (Rhizobium /Bradhirhizobium).

<http://www.cct.org.br/>

Base de Dados Tropical

Ênfase na integração de dados biológicos de espécies a biomas, trabalhando na questão de padrões mínimos e metadados. Pesquisadores: Dora Ann Lange Canhos, Sidnei de Souza. <http://www.bdt.org.br/>

Recursos Humanos

Cursos de Graduação e Pós Graduação

Abaixo estão listadas algumas das Instituições de Ensino que oferecem cursos de graduação e/ou pós-graduação e microbiologia e biologia de solos, com pesquisas desenvolvidas em avaliação da biodiversidade de solos:

- *Universidade Federal de Viçosa, Pós-graduação em Microbiologia Agrícola*
- *Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, Ciências Florestais e de Biologia*
- *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo*
- *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Microbiologia Prof. Paulo de Góes*
- *Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Biológicas*
- *Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP), Departamento de Ciências do Solo*
- *Universidade Federal de Santa Maria – RS, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos*

Programa de Ação Induzida do CNPq

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) estabeleceu um Programa de Ação Induzida para a formação de doutores no exterior nas áreas de Oceanografia, Microbiologia, Engenharia Ambiental e Sanitária. Informações detalhadas estão disponíveis na homepage do CNPq (<http://www.cnpq.br/editais/acao98.htm>)

Centros de Recursos Genéticos

A maior parte das coleções de culturas de microrganismos no Brasil são esforços resultantes de iniciativas isoladas de pesquisadores, sem o devido apoio institucional. Suas atividades estão restritas ao interesse do pesquisador, são de acesso limitado e não visam atender às demandas públicas por culturas autenticadas e de referência.

Coleções de Culturas de Microrganismos e Células

A Finep, dentro do Programa Setorial de Coleções de Culturas deflagrado em 1988, deu apoio emergencial a 13 coleções de culturas e propiciou, juntamente com o programa RHAE/MCT, o início de um programa de treinamento que já promoveu a realização de mais de 40 cursos e seminários com especialistas do exterior.

Em 1989 foi lançado o primeiro volume da terceira edição do Catálogo Nacional de Linhagens/Bactérias. O segundo volume Leveduras e Fungos Filamentosos é de 1990, ano em que foi lançado o terceiro volume (Células Animais e Vírus). Toda a informação levantada está disponível na Internet.

(<http://www.bdt.org.br/>).

Através do subprograma de Biotecnologia/Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II), a Coleção de Culturas Tropical (CCT), da Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Tosello, e o Banco de Células do Rio de Janeiro (BCRJ), receberam recursos para a melhoria da infra-estrutura, ampliação dos acervos e aprimoramentos dos serviços prestados à comunidade científica e tecnológica. A CCT possui um acervo de cerca de 6.000 linhagens de microrganismos de interesse industrial e ambiental. Os dados de domínio público estão disponíveis na Internet (<http://www.cct.org.br/>). O BCRJ possui um acervo de cerca de 130 linhagens (células animais) de interesse para a saúde humana e medicina tropical descritas no Catálogo Nacional de Linhagens Humanas a Animais, 1994 e complemento de 1996.

Tendo em vista a necessidade do estabelecimento de Centros Depositários de Material Biológico para atender ao artigo 24 da nova lei de Propriedade Industrial (Lei no. 9279/96) o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) constituiu em 1997 um grupo de trabalho assessor (GT-CREBIOT) visando o estabelecimento de critérios técnicos e legais de seleção de centros depositários a serem credenciados pelo INPI, para atender a demanda de depósitos associados a processos de patente. Embora existam 30 Centros Depositários Internacionais reconhecidos pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI), nenhum deles se encontra na América Latina.

Programas e Projetos Integrados

Recentemente foram estabelecidos programas integrados temáticos que podem ser novos instrumentos para o desenvolvimento de projetos em ecologia, diversidade microbiana e biodiversidade de solos. Dentre eles, destacam-se:

Programa Integrado de Ecologia – PIE

Criado para catalisar o desenvolvimento da Ecologia no Brasil, desenvolver pesquisas e redes de informação, apoiar a cooperação internacional, participar da padronização instrumental e metodológica, fomentar a formação de recursos humanos e o desenvolvimento institucional e atuar harmonicamente com os demais programas governamentais, com a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e com a Agenda 21 Nacional. O PIE encontra-se estruturado em dois sub-programas:

1. Capacitação e pesquisa em ecologia
2. Consolidação da rede brasileira de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) e sua integração à rede internacional (LTER).

Programa Brasileiro de Ecologia Molecular para Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia – PROBEM

Formulado pelo MMA, tem custo total previsto de US\$ 55 milhões, que serão aplicados em instalações físicas, equipamentos de laboratórios e recursos humanos, num período de cinco anos. O Centro de Biotecnologia da Amazônia vai concentrar-se em pesquisas sobre aproveitamento industrial de recursos biológicos pouco explorados ou ainda não explorados na região. Este programa prevê, numa primeira fase, o estabelecimento de um Consórcio articulado de grupos nacionais de comprovada competência em suas áreas de atuação, para promover um processo sistematizado de descoberta de novas substâncias de interesses sócio-econômico. Esse processo inclui a coleta de amostras, taxonomia, banco de dados, manutenção de coleções, preparação de extratos, determinação de propriedades típicas das amostras, etc.

BIOTA / FAPESP

Esta iniciativa tem como meta estabelecer as prioridades para a conservação da biota do Estado e sistematizar a coleta de informações relevantes para a conservação e o uso sustentável da biodiversidade. Tem como objetivo primário contribuir para com o processo de caracterização (e inventário) da biodiversidade do Estado de São Paulo. Maiores informações no site do Biota SP (<http://www.biotasp.org.br/>.)

GENOMA/FAPESP

O projeto GENOMA objetiva a criação de uma rede de laboratórios no Estado de São Paulo para sequenciar o genoma da bactéria *Xylella fastidiosa*. Esta bactéria é um fitopatógeno que infecta cítricos causando a doença conhecida como “amarelinho”. Maiores informações no site da Fapesp (<http://www.watson.fapesp.br/genoma2.htm>).

Programa SHIFT (Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics [*Estudos dos Impactos Humanos Sobre as Florestas e Várzeas nos Trópicos*])

Cooperação Brasileira-Alemã em Pesquisa e Tecnologia para Preservação)

Projeto: Fauna de solos e decomposição da liteira em florestas primárias e secundárias e em culturas consorciadas na Amazônia

Este projeto internacional tem o objetivo de avaliar a contribuição específica da microflora e fauna do solo para a decomposição da matéria orgânica, além da importância destes processos para o fornecimento de nutrientes para as plantas. O projeto enfocará as interações entre microflora e fauna no solo, aspecto pouco estudado nos trópicos. <http://www.cpaembrapa.br/env52>.

OBJETO

Os microrganismos e a biodiversidade de solos consistem de diversos grupos de organismos, com diferentes importância e relevância para o homem. Há necessidade de desenvolvimento de atividades que conduzam:

- à definição das espécies de organismos do solo mais relevantes para a sustentabilidade dos processos ecológicos essenciais em ecossistemas naturais e antropizados, e;
- à elucidação da influência da composição de espécies e estrutura de comunidades no funcionamento de ecossistemas.

Para tanto, é necessário que os diferentes grupos de vírus, microrganismos e invertebrados de solos sejam analisados nas diversas situações de pressão antrópica.

COMPROMISSOS

Uma melhoria na capacitação institucional e na infraestrutura, na formação de recursos humanos, e o apoio a projetos integrados e consórcios temáticos em microbiologia e estudos da biodiversidade de solos contribuirão para o cumprimento dos compromissos assumidos em diversos artigos da Convenção da Diversidade Biológica. Com efeito, os artigos 7 (“identificação e monitoramento”), 8 e 9 (“conservação *ex e in situ*”), 10 e 11 (“utilização sustentável de componentes da diversidade biológica” e “incentivos”), 15 e 16 (“acesso a recursos genéticos” e “acesso à e transferência de tecnologia”), 12 e 18 (“pesquisa e treinamento” e “cooperação técnica e científica”), 13 e 17 (“educação e conscientização pública” e “intercâmbio de informações”) e 19 (“gestão da biotecnologia e distribuição de seus benefícios”) dependerão do desenvolvimento das ações e estratégias propostas neste documento para serem plenamente atendidos.

LACUNAS/QUESTÕES

As principais lacunas existentes no País, que dificultam o atendimento dos compromissos assumidos com a Convenção da Diversidade Biológica são:

1) Capacidade Institucional

A coleta, identificação, e o monitoramento da diversidade microbiana e da biodiversidade de solos é possível graças ao desenvolvimento de técnicas laboratoriais avançadas de sistemática e ecologia. No entanto, a infraestrutura existente nas Universidades e Institutos de Pesquisa brasileiros têm capacidade limitada de análise, dada a vasta diversidade destes organismos nos ecossistemas tropicais. Esta limitação é ainda mais acentuada na região Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde concentram-se os ecossistemas pertencentes aos biomas Floresta Amazônica, Cerrados e Pantanal, largamente inexplorados. Nota-se que a maior parte dos trabalhos de caracterização da biodiversidade dos solos destas regiões é realizada nas Instituições e Universidades das regiões Sudeste e Sul. Algumas das exceções são o INPA (Manaus), a Universidade de Brasília e as unidades descentralizadas da Embrapa (CPAC, CENARGEN e CNPAF) situadas na região Centro-Oeste. Há necessidade de melhorar a infra-estrutura dos laboratórios de sistemática e ecologia de microrganismos e fauna de solo já existentes e implantar novos laboratórios nas regiões mais carentes. Há necessidade também de aprimorar a formação de recursos humanos, aumentando o quadro, hoje bastante limitado, de cientistas realizando pesquisa em taxonomia, sistemática e ecologia de microrganismos e fauna de solo. Não há no País, em número suficiente, cursos de reciclagem e de curta duração para atualizar os cientistas com as mais recentes inovações tecnológicas aplicadas ao estudo da biodiversidade microbiana e de solos.

2) Projetos Integrados

Os projetos de pesquisa científica voltados para a investigação da biodiversidade do solo e dos microrganismos realizados no País são, em sua maioria, iniciativas isoladas de pesquisadores ou Instituições de Pesquisa. Muitas vezes o mesmo problema, no mesmo bioma, é alvo de pesquisas por parte de vários grupos de pesquisa, cada um estudando um grupo de organismos diferente. Em consequência, há dificuldades para comparar e integrar os diversos resultados de pesquisa devido à incompatibilidade de delineamentos experimentais, metodologias de coleta e tratamentos estatísticos. Faltam iniciativas integradas e interdisciplinares direcionadas a investigar os efeitos, sobre a biodiversidade de solos, das mudanças globais (de origem natural e antrópica) e de uso da terra nos diferentes biomas brasileiros. Estes estudos devem contemplar não só levantamentos taxonômicos da diversidade de espécies, mas também avaliar alterações da diversidade funcional e nos processos ecológicos do solo

associados à biota. Estudos desta natureza podem contribuir decisivamente para a seleção de bioindicadores de qualidade adequados para os solos brasileiros. A participação de cientistas sociais em projetos de investigação da biodiversidade de solos e de microrganismos é inexistente no Brasil e caracteriza uma importante lacuna. Há necessidade de serem desenvolvidos modelos de valoração econômica da biodiversidade de solos e de microrganismos. A dimensão econômica da biodiversidade é essencial para que os gestores do meio ambiente e os formuladores de políticas de desenvolvimento possam atender os compromissos da CDB e da Agenda-21.

3) Rede de Informações

São poucas as iniciativas para integrar os dados existentes sobre a biodiversidade de solos e microbiana em redes temáticas conectadas via Internet. O acesso a informação é condição básica para o atendimento pleno dos artigos da CDB, para multiplicar os benefícios provenientes da implementação da CDB, e para otimizar e racionalizar as atividades de projetos integrados e consórcios temáticos de pesquisa.

4) Educação

A sociedade brasileira não tem conhecimento e informação da importância da biodiversidade de solos e de microrganismos para o bem estar da população, para a continuidade e qualidade da vida no Planeta, e para a sustentabilidade das explorações econômicas (construção civil, tratamentos de esgotos e resíduos, agricultura, indústria de alimentos, indústria farmacêutica, mineração, saúde pública, etc.).

Algumas questões que precisam ser respondidas:

1. Qual o grau de ameaça à biodiversidade de solos e de microrganismos devido à ações antrópicas?
2. Quais seriam os indicadores biológicos mais adequados para monitorar a qualidade dos solos tropicais submetidos a diferentes usos (agricultura, mineração, urbanização, etc.)?
3. Quais são as relações e correlações entre a biodiversidade e os processos ecológicos do solo?
4. Existe relação entre a diversidade de plantas e a diversidade de organismos do solo?
5. Quais são os índices mais adequados para avaliar a biodiversidade de solos e de microrganismos?
6. Que impactos sobre a biodiversidade de solos seriam causados por alterações significativas na biodiversidade sobre o solo?
7. De que maneira alterações na biodiversidade de solos podem afetar a biodiversidade sobre o solo?

METAS

- Estabelecer uma rede integrada de laboratórios de sistemática e ecologia microbiana e de solos, coleções de culturas e centros tecnológicos e de bioinformática para investigar a biodiversidade de solos e de microrganismos;
- Estabelecer um programa induzido de formação de especialistas em biodiversidade de solos e de microrganismos;
- Definir protocolos e metodologias de amostragem, com definição de critérios para a coleta, transporte e preservação de amostras para análise da biodiversidade. Os

- protocolos e metodologias indicados devem considerar o aspecto integrado e interdisciplinar desejado para os projetos de pesquisa da biodiversidade de solos;
- Definir, dentre os organismos de solos, as espécies e grupos funcionais mais indicados para o monitoramento da qualidade e do uso sustentável dos solos, considerando as particularidades inerentes aos diferentes biomas e diversos tipos de uso do solo no Brasil;
 - Desenvolver e validar modelos conceituais e quantitativos para a valoração econômica da biodiversidade de solos e de microrganismos;
 - Estabelecer consórcios temáticos de pesquisa tecnológica em bioprospecção, com investimentos do setor privado **no País** (parque tecnológico para screening de enzimas, metabólitos secundários, produto farmacológicos) e público (recursos humanos e custeio de Universidades e Institutos de Pesquisa);
 - Estruturar redes temáticas de biodiversidade de solos e diversidade microbiana para interligar e padronizar as bases de dados biológicas existentes no País;
 - Conscientizar a sociedade brasileira sobre a importância da biodiversidade de solos e de microrganismos para a manutenção da qualidade de vida das populações urbana e rural.

ESTRATÉGIAS

1 - Diagnóstico da capacidade institucional e detalhamento da estratégia nacional (ver prioridades)

Este diagnóstico tem o objetivo de realizar um levantamento completo da capacidade instalada e dos recursos humanos disponíveis no País para investigar a biodiversidade de solos e de microrganismos. Este diagnóstico irá subsidiar a elaboração de um plano estratégico de apoio a programas e projetos de pesquisa integrados e consórcios tecnológicos para exploração sustentável da biodiversidade.

Prazo: primeiro semestre de 1999

Custo do levantamento, análise e processamento dos dados: incluindo visita à instituições e reunião do GTT para avaliação dos dados levantados R\$ 50.000

2 - Formação e aperfeiçoamento de recursos humanos (ver prioridades)

Esta estratégia deverá ser realizada através de programas induzidos visando a formação de massa crítica para investigar as diversas facetas da biodiversidade do solo e microbiana. Estes programas deverão possibilitar um aumento significativo do número de bolsas e recursos de bancada oferecidos para:

- a) Mestrado e Doutorado no país
Custo a ser definido
- b) Doutorado Sanduíche e Doutorado pleno no exterior
(a serem implementadas nos próximos 5 anos)
100 bolsas de doutorado sanduíche = R\$ 2,5 milhões
100 bolsas de doutorado pleno = R\$ 10 milhões
- c) Cursos de curta duração no país (nos próximos 5 anos)
20 cursos (a um custo de R\$ 30.000 curso) = R\$ 600 mil

3 - Workshops internacionais para definir estratégias (ver prioridades)

Workshop 1 - Proposta de um programa internacional de biodiversidade de solos a ser apresentado ao SBSTTA/2000 e COP-5

Data provável: segundo semestre de 1999

Custo: R\$ 60.000

Workshop 2 - Tecnologias e estratégias de bioprospecção e screening de

microrganismos

Data provável: primeiro semestre de 2000

Custo: R\$60.000

4 - *Estabelecimento de redes temáticas integradas* (ver **prioridades**) com ênfase nos seguintes tópicos:

- *biodiversidade de solos*
- *diversidade microbiana*

Esta estratégia consiste de apoiar a estruturação de redes de bancos de dados temáticos, conectando e interligando informação contida nos diversos componentes: laboratórios especializados, coleções de referência, centros temáticos, incubadoras de empresas, centros de informação, etc. Esta estratégia deve estar associada aos programas preconizados nas estratégias 5, 6 e 7.

Custo: a ser definido

5 – *Estabelecimento de Centros Temáticos (incluindo Coleções de Referência & Laboratórios de Serviços Especializados) e Programa de Apoio à Pesquisa e Desenvolvimento do Uso Sustentável e Conservação da Biodiversidade de Solos* (ver **prioridades**)

Este programa deverá priorizar projetos de pesquisa integrados e interdisciplinares, que: elucidem as relações existentes entre a biodiversidade funcional e taxonômica e os processos biogeoquímicos do solo; definam bioindicadores de qualidade e sustentabilidade do uso do solo; desenvolvam metodologias e protocolos de coleta e manipulação de amostras e dados; desenvolvam modelos de valoração econômica da biodiversidade.

Apoio ao estabelecimento de Centros Temáticos

Custo: a ser definido

Apoio a consórcios de projetos temáticos:

10 projetos a R\$300.000 cada (duração de 3 anos)

Custo total: R\$3 milhões

6 – *Programa de Apoio a Consórcios Tecnológicos para o Uso Sustentável da Diversidade Microbiana* (ver **prioridades**)

Este programa deve ser elaborado tendo como exemplo o PADCT/CDT (projetos plataforma). Neste programa empresas privadas investem em desenvolvimento de tecnologia acoplado ao investimento público em pesquisas de sistemática microbiana. É uma estratégia eficiente para bioprospecção, por exemplo. Os projetos apoiados deverão garantir investimentos privados em infra-estrutura e transferência de tecnologia de ponta (*screening*) dos países industrializados para o Brasil.

Custo: a ser definido

7 - *Programa de educação e conscientização*

Recomendamos a adoção das estratégias e atividades contidas no relatório do GTT-Educação.

Custo: a ser definido

No quadro abaixo estão resumidas as lacunas, metas e estratégias propostas por este GTT.

LACUNAS	METAS	ESTRATÉGIAS
Capacidade Institucional <ul style="list-style-type: none"> • Infraestrutura • Recursos Humanos 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento de uma rede integrada de laboratórios, coleções de cultura científicas e centros tecnológicos • Programa induzido de formação de especialistas 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoio à infraestrutura de laboratórios, coleções e centros de pesquisa temáticos • Apoio a programas de Pós-Graduação no país. • Programa Induzido de Formação de doutores no exterior. • Cursos de curta duração no país
Projetos Integrados <ul style="list-style-type: none"> • Científicos • Tecnológicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de protocolos padronizados e integrados de amostragem • Definição de indicadores de qualidade de solos • Modelagem para valoração econômica da diversidade microbiana • Estabelecimento de consórcios temáticos de pesquisa tecnológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Editais específicos para projetos temáticos integrados • Workshops internacionais • Incentivos fiscais • Editais específicos de projetos de plataforma (tipo PADCT/CDT)
Rede de Informações	<ul style="list-style-type: none"> • Redes temáticas de Biodiversidade de Solos e Diversidade Microbiana 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões mínimos • Metadados
Educação	<ul style="list-style-type: none"> • Educação visando a valorização da diversidade microbiana e o desenvolvimento sustentável 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de material e estratégias de educação e conscientização.

PRIORIDADES

Visando atingir resultados tangíveis a curto e médio prazo (3 a 10 anos) é necessário alocar recursos de forma a viabilizar as seguintes ações:

Prioridades Imediatas (1999/ 2000)

1. Consolidação do Plano Estratégico e análise crítica dos desafios, oportunidades e benefícios associados à implementação de um programa nacional. Detalhar cronograma e estimativa de custos para as atividades a serem desenvolvidas. Sugerimos que sejam realizadas duas reuniões presenciais deste GTT para atender esta prioridade.

2. Início da Indução da capacitação de recursos humanos (ver **estratégia 2**) nos seguintes tópicos prioritários:

- Sistemática molecular e taxonomia polifásica
- Genômica funcional
- Ecofisiologia microbiana e ciclos biogeoquímicos
- Dinâmica de populações e modelagem

3. Realização de dois workshops internacionais (ver **estratégia 3**) visando estabelecer:

- Alianças estratégicas para projetos científicos e tecnológicos.
- Projetos multinacionais no âmbito da CDB, com recursos do GEF.

4. Estabelecimento de Redes Temáticas Integradas (ver **estratégia 4**)

Prioridades de Médio Prazo (3-5 Anos)

1. Estabelecimento de centros temáticos de pesquisa e tecnologia (aos moldes dos centros NSF; ver **estratégia 5**) e apoio a consórcios temáticos, priorizando as seguintes abordagens:

- Emprego de metodologias inovadoras e protocolos padronizados de amostragem.
- Integração de dados científicos e tecnológicos e disponibilização através de redes informatizadas.
- Enfoque no estudo de grupos funcionais, espécies chave e estrutura de comunidades.

2. Estabelecimento de consórcios e incubadoras de empresas de base tecnológica (ver **estratégia 6**) priorizando atividades de:

- Bioprospecção
- Seleção e triagem ("screening") de microrganismos de interesse industrial e ambiental
- Prestação de serviços especializados e consultoria em biotratamento/biorremediação.

Prioridades de Longo Prazo (5 a 10 Anos)

1. Consolidação das redes integradas de diversidade microbiana e biodiversidade de solos (ver **estratégias 4, 5, 6**) composta de:

- Centros temáticos de pesquisa e tecnologia
- Coleções de referência (culturas tipo e espécimens para estudos taxonômicos)
- Laboratórios de serviços especializados (sequenciamento, sistemática aplicada, ...)

- Microempresas de produtos e serviços especializados de avaliação de qualidade e impacto ambiental, bioprospecção e screening e outros tópicos relevantes para o programa

RECOMENDAÇÕES GERAIS

Recomenda-se que um Programa Nacional seja implementado de forma a estimular interações interdisciplinares, novas iniciativas taxonômicas e o gerenciamento integrado de dados.

As interações interdisciplinares serão fundamentais para:

- estimular a participação de biólogos, ecólogos, químicos, agrônomos e especialistas em informação em projetos de pesquisa associados a biodiversidade de solos e sua função em ecossistemas.
- catalisar o emprego de conceitos e técnicas de biologia molecular em estudos de biodiversidade de solos
- evidenciar a importância econômica da biota de solos, e apoiar a revisão e síntese do valor direto e indireto das espécies biológicas do solo.
- assegurar que projetos de pesquisa em agricultura e processos de solos envolvam o conhecimento sobre os organismos presentes em solos.

As novas iniciativas taxonômicas serão essenciais para:

- apoiar a análise e síntese de informações taxonômicas, ecológicas e biogeográficas da biota de solos visando a identificação de espécies de importância econômica e suas funções no ambiente, indicadores de sustentabilidade e avaliação da perda de espécies;
- estimular a ampliação do número de especialistas em biologia e ecologia de solos. Deve ser realizado um levantamento para identificar o local de trabalho e estágio de carreira dos especialistas ativos visando :
 - (a) definir mecanismos de continuidade para minimizar o impacto de aposentadorias precoces;
 - (b) estabelecer estratégias inovadoras na formação e aperfeiçoamento de especialistas em diferentes níveis, incluindo graduação, pós-graduação (mestrado no país, doutorado pleno no exterior, doutorado sanduíche) e cursos de curta duração de treinamento e reciclagem no país com a participação de especialistas internacionais;
- priorizar o treinamento envolvendo metodologias inovadoras como o emprego de técnicas moleculares e genômica funcional;
- estimular o desenvolvimento de novos métodos que incorporem os recentes avanços tecnológicos para a detecção, amostragem, coleta, cultivo e identificação da microfauna e microrganismos;
- estimular o depósito de amostras, espécimens, sequências, dados e imagens de microrganismos cultiváveis (que representam menos de 1% dos microrganismos de solos) em acervos científicos e coleções de serviços e referência;
- estimular o gerenciamento e disseminação de dados de coleções e museus via Internet;
- educar o público (informal e primeiro / segundo grau) sobre a importância de processos ecológicos que ocorrem em solos e a necessidade de medidas que visem a sustentabilidade de solos;

O gerenciamento integrado de dados deverá ter como meta:

- incorporar informações taxonômicas e ecológicas nos modelos de bases de dados no início dos programas e projetos de pesquisa;

- desenvolver protocolos de gerenciamento de informações de forma a permitir a associação de dados sobre processos ecológicos com dados de biodiversidade (sequências, taxonomia, características de linhagens e espécimens, funções na natureza, etc.);
- desenvolver padrões mínimos e metadados para a organização da informação sobre processos ecológicos de forma a facilitar a descrição de ecossistemas e gerenciamento das informações;
- estabelecer uma rede na Internet dedicada a biodiversidade de solos, com bases de dados sobre protocolos de metodologias, repositórios de amostras e sequências, biblioteca virtual com apontadores para documentos e eventos importantes, chaves taxonômicas com imagens, material para educação e treinamento e um serviço de apoio e informações.

REFERÊNCIAS

Artigos em periódicos estrangeiros (últimos 3 anos):

- Alekhina *et al.*, 1997. Bacterial diversity in forest soils: a successional analysis. *Microbiology*, 66: 4, 466-469.
- Borneman & Triplett, 1997. Molecular microbial diversity in soils from eastern Amazonia: evidence for unusual microorganisms and microbial population shifts associated with deforestation. *Applied and Environmental Microbiology*, 63: 7, 2647-2653.
- Borneman *et al.*, 1996. Molecular microbial diversity of an agricultural soil in Wisconsin. *Applied and Environmental Microbiology*, 62: 6, 1935-1943.
- Bruckner *et al.*, 1995. A method of preparing mesocosms for assessing complex biotic processes in soils. *Biol. Fertil. Soils.*, v. 19 (2/3) p. 257-262.
- Brussaard *et al.*, 1996. Biodiversity of soil biota and plants in abandoned arable fields and grasslands under restoration management. *Biodivers. Conserv.*, v. 5 (2) p. 211-221.
- Brussaard *et al.*, 1997. Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio* 26:563-570.
- Butler, 1998. Museum research comes off the list of endangered species. *Nature* 394:115-119.
- Byzov *et al.*, 1997. Effects of soil invertebrates on the survival of some genetically engineered bacteria in leaf litter and soil. *Biology and Fertility of Soils*, 23: 3, 221-228.
- Cadisch & Ehaliotis, 1996. The soil microbial biomass: concepts, methodologies and applications in the study of nutrient cycling in soils. *Agrivita (Indonesia)*, v. 19(4), edição especial, p. 171-184.
- Colwell, 1997. Microbial diversity: the importance of exploration and conservation. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 18: 5, 302-307.
- Dangerfield, 1997. Abundance and diversity of soil macrofauna in northern Botswana. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 4, 527-538.
- de-Bruyn, 1997. The status of soil macrofauna as indicators of soil health to monitor the sustainability of Australian soils. *Ecological Economics*, 23: 2, 167-178.
- de Lajudie *et al.*, 1998. Characterization of tropical tree rhizobia and description of *Mesorhizobium plurifarum* sp. nov. *Int. J. System. Bact.*, 48:369-382.
- Didden *et al.*, 1994. Soil meso- and macrofauna in two agricultural systems: factors affecting population dynamics and evaluation of their role in carbon and nitrogen dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v. 51 (1/2) p. 171-186.
- Dutoit *et al.*, 1997. Successional changes and diversity of soil macrofaunal communities on chalk grasslands in Upper-Normandy (France). *Acta Oecologica*, 18: 2, 135-149.

- Elmholt, 1996. Microbial activity, fungal abundance, and distribution of *Penicillium* and *Fusarium* as bioindicators of a temporal development of organically cultivated soils. *Biol. Agric. Hortic.*, v. 13 (2) p. 123-140.
- Emmerling, 1995. Long-term effects of inundation dynamics and agricultural land-use on the distribution of soil macrofauna in fluvisols. *Biol. Fertil. Soils.*, v. 20 (2) p. 130-136.
- Fang *et al.*, 1997. Development of species diversity in the restoration process of establishing a tropical man-made forest ecosystem in China. Edição especial: Catalysing native forest regeneration of degraded tropical lands. Artigos selecionados dos Anais de um simpóio internacional e workshop em Washington, D.C., 11-14 de junho, 1996. *Forest Ecology and Management*, 99: 1-2, 185-196.
- Foissner, 1997. Global soil ciliate (Protozoa, Ciliophora) diversity: a probability-based approach using large sample collections from Africa, Australia and Antarctica. *Biodiversity and Conservation*, 6: 12, 1627-1638.
- Foissner, 1997. Protozoa as bioindicators in agroecosystems, with emphasis on farming practices, biocides, and biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 62: 2-3, 93-104.
- Foissner, 1997. Soil ciliates (Protozoa: Ciliophora) from evergreen rain forests of Australia, South America and Costa Rica: diversity and description of new species. *Biology and Fertility of Soils*, 25: 4, 317-339.
- Freckman & Virginia, 1997. Low-diversity Antarctic soil nematode communities: distribution and response to disturbance. *Ecology*, 78: 2, 363-369.
- Freckman *et al.*, 1997. Linking biodiversity and ecosystem functioning in soils and sediments. *Ambio* 26:556-562.
- Fuller *et al.*, 1997. Trichloroethylene (TCE) and toluene effects on the structure and function of the soil community. *Soil. Biol. Biochem.*, v. 29 (1) p. 75-89.
- Furman & Campbell, 1998. Microbial microdiversity. *Nature* 393:410-411.
- Giller, 1996. The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. *Biodivers. Conserv.*, v. 5 (2) p. 135-168.
- Grayston *et al.*, 1998. Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 3, 369-378.
- Groffman, 1997. Global biodiversity: is it in the mud and the dirt? *Trends in Ecology and Evolution* 12: 8, 301-302.
- Harte *et al.*, 1996. Effects of manipulated soil microclimate on mesofaunal biomass and diversity. *Soil. Biol. Biochem.*, v. 28 (3) p. 313-322.
- Harvey & Pimentel, 1996. Effects of soil and wood depletion on biodiversity. *Biodivers. Conserv.*, v. 5 (9) p. 1121-1130.
- Hassink *et al.*, 1994. C and N mineralization in sandy and loamy grassland soils: the role of microbes and microfauna. *Soil. Biol. Biochem.*, v. 26 (11) p. 1565-1571.
- Hattori *et al.*, 1997. Advances in soil microbial ecology and the biodiversity. *Antonie van Leeuwenhoek*, 72: 1, 21-28.
- Hawksworth, 1998. The consequences of plant extinctions for their dependent biotas: an overlooked aspect of conservation sciences. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. Taipei, in press.
- Hugenholtz. & Pace, 1996. Identifying microbial diversity in the natural environment: a molecular phylogenetic approach. *Trends in Biotechnol.* 14: 190-197.
- Hunter-Cevera, 1998. The value of microbial diversity. *Current Opinion in Microbiology* 1:278-285.
- Kahindi *et al.*, 1997. The role of nitrogen-fixing bacteria. *Applied Soil Ecology*, 6:55-76.
- Kennedy & Gewin, 1997. Soil microbial diversity: present and future considerations. *Soil Science*, 162: 9, 607-617.

- Kimmins, 1996. Importance of soil and role of ecosystem disturbance for sustained productivity of cool temperate and boreal forests. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, v. 60 (6) p. 1643-1654.
- Kling & Jacobsen, 1998. Arbuscular mycorrhiza in soil quality assessment. *Ambio* 27:29-34.
- Koehler, 1992 The use of soil mesofauna for the judgement of chemical impact on ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.*
- Kudryashova, 1997. Changes in population of soil-dwelling invertebrates with special reference to substitution of original forests for derivative Aspen forests in various natural zones. *Biology Bulletin of the Russian Academy of Sciences* 24: 4, 363-370.
- Lal, 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, v. 24(1-3), edição especial, p. 101-116.
- Lavelle, 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, 27: 93-132.
- Lawton *et al.*, 1996. Carbon flux and diversity of nematodes and termites in Cameroon forest soils. *Biodivers. Conserv.*, v. 5 (2) p. 261-273.
- Lawton *et al.*, 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 391: 6662, 72-76.
- Lee & Pankhurst, 1992. Soil organisms and sustainable productivity. *Australian Journal of Soil Research*, v. 30(6) p. 855-892.
- Lodge, 1997. Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 6: 5, 681-688.
- Metting, Jr., 1996 Biodiversity and application of microalgae. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, v. 17 (5/6) p. 477-489.
- Moreira *et al.*, 1993. Characterization of rhizobia isolated from different divergence groups of tropical Leguminosae by comparative polyacrilamide gel electrophoresis of their total proteins. *System. Appl. Microbiol.* 16, 135-146.
- Moreira *et al.*, 1998. Biodiversity of rhizobia isolated from a wide range of forest legumes in Brazil. *Molecular Ecology*, 7: 889-895.
- Moyer *et al.*, 1996. A computer-simulated restriction fragment length polymorphism analysis of bacterial small-subunit rRNA genes: efficacy of selected tetrameric restriction enzymes for studies of microbial diversity in nature. *Appl. Environ. Microbiol.*, v. 62 (7) p. 2501-2507.
- Muyzer *et al.*, 1993. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 695-700.
- Myers, 1996. Environmental services of biodiversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, v. 93 (7) p. 2764-2769.
- Neilson & Stahl, 1997. Microorganisms and biogeochemical cycles: what can we learn from layered microbial communities?
- Neves & Rumjanek, 1997. Diversity and adaptability of soybean and cowpea rhizobia in tropical soils. *Simpósio Internacional, Sustainable agriculture for the tropics: the role of biological nitrogen fixation, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brazil, 26 novembro – 1º dezembro 1995. Soil Biology and Biochemistry*, 29: 5-6, 889-895.
- Nieminen & Setälä, 1998. Enclosing decomposer food web: implications for community structure and function. *Biology and Fertility of Soils*, 26: 1, 50-57.
- Odee *et al.*, 1997. Phenotypic characteristics and composition of rhizobia associated with woody legumes growing in diverse Kenyan conditions. *Plant and Soil*, 188: 1, 65-75.
- Okwakol, 1994. The effect of change in land use on soil macrofauna communities in Mabira Forest, Uganda. *African Journal of Ecology*, v. 32(4) p. 273-282.

- Pankhurst *et al.*, 1996. Biodiversity of soil microbial communities in agricultural systems. *Biodivers. Conserv.* v. 5 (2) p. 197-209.
- Paquin & Coderre, 1997. Changes in soil macroarthropod communities in relation to forest maturation through three successional stages in the Canadian boreal forest. *Oecologia*, 112: 1, 104-111.
- Pokarzhevskii & Krivolutskii, 1997. Problems of estimating and maintaining biodiversity of soil biota in natural and agroecosystems: a case study of chernozem soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 62: 2-3, 127-133.
- Porteous *et al.*, 1997. An improved method for purifying DNA from soil for polymerase chain reaction amplification and molecular ecology applications. *Molecular Ecology*, 6: 8, 787-791.
- Rheims *et al.*, 1996. A molecular approach to search for diversity among bacteria in the environment. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, v. 17 (3/4) p. 159-169.
- Robertson *et al.*, 1994. The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia. *Agric. Ecosyst. Environ.*, v. 48 (2) p. 149-156.
- Roger *et al.*, 1994. Effects of pesticides on soil and water microflora and mesofauna in wetland ricefields: a summary of current knowledge and extrapolation to temperate environments. *Aust. J. Exp. Agric.*, v. 34 (7) p. 1057-1068.
- Rosado *et al.*, 1998. Genetic diversity of *nifH* gene sequences in *Paenibacillus azotofixans* strains and soil samples analysed by denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) of PCR-amplified gene fragments. *Applied Environ. Microbiol.* 64(8): 2770-2779.
- Scheu & Schulz,-E. 1996. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatids and saprophagous soil macro-invertebrates. *Biodivers. Conserv.*, v. 5 (2) p. 235-250.
- Schimel, 1995. Ecosystem consequences of microbial diversity and community structure. *Ecol. Stud.*, v. 113 p. 239-254.
- Schrader *et al.*, 1997. Impact of collembola and enchytraeidae on soil surface roughness and properties. *Biology and Fertility of Soils*, 25: 4, 396-400.
- Shen, 1997. Microbial diversity and application of microbial products for agricultural purposes in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 62: 2-3, 237-245.
- Shoji *et al.*, 1997. Diversity of bacterial communities in immature soils of coastal sand dunes. *Soil Microorganisms*, No. 49, 35-42.
- Sipel, 1996. Biodiversity of soil microarthropods: the filtering of species. *Biodivers. Conserv.*, v. 5 (2) p. 251-260.
- Smit *et al.*, 1997. Detection of shifts in microbial community structure and diversity in soil caused by copper contamination using amplified ribosomal DNA restriction analysis. *FEMS Microbiology Ecology*, 23: 3, 249-261.
- Spratt, 1997. Endoparasite control strategies: implications for biodiversity of native fauna. *Int. J. Parasitol.*, v. 27 (2) p. 173-180.
- Staddon *et al.*, 1996. Conservation of forest soil microbial diversity: the impact of fire and research needs. *Environmental Reviews*, 4: 4, 267-275.
- Staddon *et al.*, 1997. Microbial diversity and community structure of postdisturbance forest soils as determined by sole-carbon-source utilization patterns. *Microbial Ecology*, 34: 2, 125-130.
- Staddon *et al.*, 1998. Impact of clear-cutting and prescribed burning on microbial diversity and community structure in a Jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) clear-cut using Biolog Gram-negative microplates. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 14: 1, 119-123
- Striganova, 1996. Transect approach to the assessment of soil macrofauna diversity. *Biology International*, No. 33, 17-23.

- Sulkava *et al.*, 1996. Impact of soil faunal structure on decomposition and N-mineralisation in relation to temperature and moisture in forest soil. *Pedobiologia*, 40: 6, 505-513.
- Torstensson *et al.*, 1998. Needs of a strategy for evaluation of arable soil quality. *Ambio* 27:4-8.
- Trevors, 1998. Bacterial biodiversity in soil with an emphasis on chemically-contaminated soils. *Water, Air, and Soil Pollution* 101: 1-4, 45-67.
- Uffen, 1997. Xylan degradation: a glimpse at microbial diversity. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 19: 1, 1-6.
- van Elsas, *et al.*, 1998. Microbiological and molecular biological methods for monitoring microbial inoculants and their effects in the soil environment. *J. Microbiol. Methods* 32: 133-154.
- Vedder *et al.*, 1996. Impact of faunal complexity on microbial biomass and N turnover in field mesocosms from a spruce forest soil. *Biology and Fertility of Soils*, 22: 1-2, 22-30.
- Vreeken-Buijs & Brussaard, 1996. Soil mesofauna dynamics, wheat residue decomposition and nitrogen mineralization in buried litterbags. *Biol. Fertil. Soils*, v. 23 (4) p. 374-381.
- Wardle & Giller, 1996. The quest for a contemporary ecological dimension to soil biology. *Soil. Biol. Biochem.*, v. 28 (12) p. 1549-1554.
- Wardle *et al.*, 1997. Biodiversity and plant litter: experimental evidence which does not support the view that enhanced species richness improves ecosystem function. *Oikos*, 79: 2, 247-258.
- White *et al.*, 1994. Effect of an introduced inoculum on soil microbial diversity. *FEMS Microbiol. Ecol.*, v. 14 (2) p. 169-178.
- Whitford, 1996. The importance of the biodiversity of soil biota in arid ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 5: 2, 185-195.
- Yeates & King, 1997. Soil nematodes as indicators of the effect of management on grasslands in the New England tablelands (NSW): comparison of native and improved grasslands. *Pedobiologia*, 41: 6, 526-536.
- Yeates *et al.*, 1997. Faunal and microbial diversity in three Welsh grassland soils under conventional and organic management regimes. *Journal of Applied Ecology*, 34: 2, 453-470.
- Yeates *et al.*, 1997. PCR amplification of crude microbial DNA extracted from soil. *Letters in Applied Microbiology*, 25: 4, 303-307.
- Yeates *et al.*, 1997. Soil microbial C, N, and P, and microfaunal populations under *Pinus radiata* and grazed pasture land-use systems. *Pedobiologia*, 41: 6, 549-565.
- Zak & Visser, S. An appraisal of soil fungal biodiversity: the crossroads between taxonomic and functional biodiversity. *Biodivers. Conserv.*, v. 5 (2) p. 169-183.
- Zechmeister-Boltenstern *et al.*, 1998. Impact of faunal complexity on nutrient supply in field mesocosms from a spruce forest soil. *Plant and Soil* 198: 1, 45-52.
- Zou *et al.*, 1997. Changes in earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. 5th International Symposium on Earthworm Ecology, Columbus, Ohio, EUA, 5-9 julho 1994. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 3-4, 627-629.
- Zvyagintsev *et al.*, 1996. Diversity of fungi and actinomycetes and their ecological functions. *Eurasian Soil Science*, 29: 6, 635-642.

Artigos em periódicos nacionais:

- Cattelan *et al.*, 1997. Sistemas de preparo com a sucessão trigo/soja e os microrganismos do solo, em Londrina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 21: 2, 303-311.

- Cattelan *et al.*, 1997. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microrganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 21: 2, 293-301.
- Dame *et al.*, 1996. Efeitos da queima seguida de pastejo ou diferimento sobre o resíduo, temperatura do solo e mesofauna de uma pastagem natural. *Ciência Rural* 26: 3, 391-396.
- Guerra *et al.*, 1982. Avaliação preliminar sobre os efeitos da aplicação do herbicida Paraquat e aração convencional na mesofauna do solo na região de Manaus-AM. *Acta Amazonica*, v. 12(1) p. 7-13.
- Hungria *et al.*, 1997. Importância do sistema de semeadura direta na população microbiana do solo. *Comunicado Técnico*, 56. Embrapa-CNPSo, Londrina, 9p.
- Oliveira & Franklin, 1993. Efeito do fogo sobre a mesofauna do solo: recomendações em áreas queimadas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 28: 3, 357-369.
- Rosado *et al.*, 1997. Molecular microbial ecology: a minireview. *Revista de Microbiologia* 28: 3, 135-147.
- Sautter & Santos *et al.*, 1994. Avaliação da estrutura da população da mesofauna edáfica, em diferentes regimes de reabilitação de um solo degradado pela mineração do xisto. *Revista do Setor de Ciências Agrárias* 13: 1-2, 31-34.
- Sylvester-Bradley *et al.*, 1982. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. *Acta Amazonica*, v. 12(1) p. 15-22.
- Teixeira & Schubart, 1988. Mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia Central. *Boletim de Pesquisa*, No. 95. Embrapa – CPATU 16 pp.

Livros, Capítulos de Livros e Anais:

- *Biologia dos solos dos Cerrados*. Editado por Vargas & Hungria. Planaltina: Embrapa – CPAC. 1997. 524p.
- *Biological indicators of soil health*. Editado por Pankhurst, Doube e Gupta. CAB INTERNATIONAL; Wallingford; UK. 1997. xi + 451 pp. IB: 0-85199-158-0.
- Bossert, I.D & Compeau, G. Clean up of petroleum hydrocarbon contamination in soil. In: *Microbial transformation and degradation of toxic organic chemicals*. Ed. L.Y. Young & C.E. Cerniglia. Wiley-Press, 1995. 645p.
- *Fundamentals of soil ecology*. Editado por Coleman e Crossley, Jr. Academic Press; London; Inglaterra. 1996. xii + 205 pp.; IB: 0-12-179725-2.
- *Microbial communities: functional versus structural approaches*. Editado por Insam & Rangger. Springer-Verlag; Berlim; Alemanha. 1997. 263 p. IB 3-540-62405-8.
- *Microbial Diversity and Ecosystem Function*. Editado por Allsopp, Colwell e Hawksworth. CAB International, 1995. ISBN 0-85198-898-9.
- *Microbial diversity and genetics of biodegradation*. Editado por Horikoshi, Fukuda, e Kudo. Tokyo : Japan Scientific Societies Press ; Basel ; New York : Karger. 1997 xii, 210 p.
- *Microbial Diversity in Time and Space*. Editado por Colwell, Simidu e Owada. Plenum Press, 1996. ISBN 0-306-45194-8.
- *Modern soil microbiology*. Editado por van Elsas, Trevors e Wellington. Marcel Dekker Inc.; New York; EUA. 1997. IB 0-8247-9436-2.
- *Molecular Microbial Ecology Manual*. Editado por Akkermans, van Elsas & de Bruijn. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. 1998.
- *Nucleic Acids in the Environment: Methods and Applications*. Editado por Trevors & van Elsas. Springer-Verlag, Heidelberg. 1995.
- *The biological management of tropical soil fertility*. Editado por Wooster e Swift. Tropical Soil Biology and Fertility Programme, UNESCO-ROSTA, Nairobi, Kenya. Chichester (Inglaterra), John Wiley and Sons. 1994. 251 p. ISBN 0-471-95095-5.

- Soil Biodiversity, agricultural intensification and agroecosystem function. Editado por Swift. Edição especial da Applied Soil Ecology, Vol 6 no.1, Agosto 1997. 108 pp.
- Anderson *et al.*, 1996. Microbial diversity and activity in subsoils in relation to pesticide degradation and groundwater protection. In: The environmental fate of xenobiotics. Anais do 10º Symposium Pesticide Chemistry. Editado por del Re, Capri, Evans e Trevisan. Castelnuovo Fogliani, Piacenza, Itália, 30 Setembro - 2 Outubro 1996. p. 597-603.
- Bardgett *et al.*, 1997. Grassland management to promote soil biodiversity. In: Grassland management in the 'environmentally sensitive areas'. Anais da Conferência da British Grassland Society. University of Lancaster, Inglaterra, 23-25 Setembro 1997. BGS Occasional Symposium no. 32, 132-137.
- Dick *et al.*, 1996. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: Methods for assessing soil quality. Editado por Doran & Jones. Soil Science Society of America Inc.; Madison; EUA. p. 247-271.
- Hammond, 1995. The current magnitude of biodiversity. In: Global Biodiversity Assesment. Editado por Heywood. Cambridge, Cambridge University Press. p. 113-138.
- Hopkin, 1997. Ecotoxicology, biodiversity and the species concept with special reference to springtails (Insecta: Collembola). In: Ecological risk assessment of contaminants in soil, editado por Straalen e Lokke. Chapman & Hall Ltd; Londres, Inglaterra. p. 73-83.
- Lavelle *et al.*, 1991. Conservation de la fertilité des sols de savane par la gestion de l'activité de la macrofaune du sol. Focal Coop, França. p. 371-397. ISBN 2-11-086731-0
- Liesack *et al.*, 1997. Microbial diversity in soil: the need for a combined approach using molecular and cultivation techniques. In: Modern soil microbiology, 375-439. Marcel Dekker Inc.; New York; EUA. IB 0-8247-9436-2.
- Medina, 1996. Biodiversity and nutrient relations in savanna ecosystems: interactions between primary producers, soil microorganisms, and soils. In: Biodiversity and savanna ecosystem processes a global perspective. Berlin ; New York : Springer, Ecological studies; v. 121. p. 45-57.
- van Straalen, 1996. Effects of pollutants on soil organisms. In: Soil pollution and soil protection, editado por de Haan e Visser. International Training Centre (PHLO), Wageningen Agricultural University; Wageningen; Holanda. p. 65-79.
- Vilich & Sikora, 1998. Diversity in soilborne microbial communities. A tool for biological system management of root health. In: Plant-microbe interactions and biological control. New York : Marcel Dekker, p. 1-14.
- Wardle & Lavelle, 1997. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: Driven by nature: plant litter quality and decomposition, editado por Cadisch e Giller. CAB INTERNATIONAL; Wallingford; Inglaterra. p. 107-124. IB: 0-85199-145-9
- White *et al.*, 1996. Quantitative comparisons of *in situ* microbial biodiversity by signature biomarker analysis. In: Special issue on microbial diversity. Editado por Hunter-Cevera, Jeffries e Eveleigh. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 17: 3-4, 185-196.
- Wright *et al.*, 1996. Biodiversity and ecosystem processes in tropical forests. In: Ecological Studies Volume 122, editado por Orians, Dirzo e Cushman. Springer-Verlag; Berlin; Alemanha. xi + 229 pp. IB: 3-540-59275-X

Relatórios:

- Biodiversity and Biosystematic Priorities: Microorganisms and Invertebrates. Editado por Hawksworth e Ritchie. CAB International. 1993. ISBN 0 85198 887 3.
- Functional Implications of Biodiversity in Soil. Editado por V. Wolters. European Commission, Ecosystems Research Report nº 24. 1997. ISBN 92-828-0804-1.
- Gurung & Sherchan, 1997. Selection of native soyabean *Bradyrhizobium* isolates: utilization of biodiversity to increase biological nitrogen fixation. PAC Occasional Paper Pakhribas Agricultural Centre, No. 26. Pakhribas Agricultural Centre; Kathmandu; Nepal.

INTERNET LINKS

Centros de pesquisa e laboratórios:

- The NSF Center for Microbial Ecology. <http://www.cme.msu.edu/homepage.html>
- University of California at Berkeley, Pace Lab. <http://crab2.berkeley.edu/pacelab>>
- Lawrence Berkeley National Laboratory Center for Environmental Biotechnology. <http://www-esd.lbl.gov/CEB/ceb.html>
- Research Institute for Plant Protection (IPO-DLO). <http://www.ipo.dlo.nl>
- Wageningen Agricultural University. <http://www.wau.nl>
- Laboratory of Microbiology. <http://www.spb.wau.nl/micro> <http://www.spb.wau.nl/mt>
- Laboratoire d'Écologie Des Sols Tropicaux. ORSTOM, Bondy, França. http://www.bondy.orstom.fr/Labo_Lest/labo.html,
http://www.bondy.orstom.fr/Labo_Lest/PAGE_1.html.

Coleções de Culturas:

- DSMZ - Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen. <http://www.gbf-braunschweig.de/DSMZ/dsmzhome.html>
- University of Ghent-LMG Collection. <http://www.rug.ac.be/index.html>
- The International Culture Collection of Arbuscular and VA Mycorrhizal Fungi (INVAM). <http://invam.caf.wvu.edu>
- USDA-ARS Collection of Entomopathogenic Fungal Cultures. http://www.ppru.cornell.edu/mycology/Insect_mycology.html
- CCT - Coleção de Culturas Tropical <http://www.cct.org.br/>

Programas e Projetos:

- Diversitas. <http://www.lmcp.jussieu.fr/icsu/DIVERSITAS/>.
- Programa Induzido do CNPq. <http://www.cnpq.br/editais/acao98.htm>
- BIOTA / FAPESP <http://www.biotasp.org.br/>
- GENOMA / FAPESP <http://watson.fapesp.br/genoma2.htm>

Documentos:

- Microbial Diversity and the Biosphere, James Staley, 1998. <http://www.bdt.org.br/oea/sib/staley>

- The Convention on Biological Diversity and its Impact on Microbial Resource Centres, Barbara Kirsop, 1998. <http://www.bdt.org.br/oea/sib/barbara>
- Diversidade Microbiana e Agricultura Sustentável, Heitor L. C. Coutinho, 1996. <http://www.bdt.org.br/publicacoes/padct/bio/cap9/1/>
- Os principais grupos de organismos do solo e suas respectivas funções ecológicas estão descritas no documento “As Funções Ecológicas da Biodiversidade do Solo” (ecosoil.doc).
- Para uma informação mais detalhada sobre as recomendações específicas contidas na proposta brasileira para um Programa de Agrobiodiversidade, consulte o documento (agrobio.doc).
- O documento “Fertilização Biológica no Brasil: Avanços Científicos e Oportunidades Tecnológicas” (fertbio.doc) foi preparado para uma reunião do Procisur (Programa Cooperativo para o Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário do Cone Sul) em maio de 1996. Ele contém informações sobre pesquisadores e instituições envolvidos em pesquisas no tema de fertilização biológica de solos no Brasil.

Workshops e reuniões:

- NSF-NERC Workshop “LIFE IN THE SOIL”. Soil Biodiversity: its importance to ecosystem processes, Setembro 1994. <http://www.nrel.colostate.edu/soil/lifeinthesoil.html>.
- NSF Workshop on Systematics and Inventory of Soil Nematodes, Julho 1997. <http://www.nrel.colostate.edu/soil/sisn.html>.
- Microbial Resource Centers and Sustainable Development in the Americas, Maio 1998 <http://www.bdt.org.br/oea/sib/micwks>.
- WFCC workshop on The Economic Value of Microbial Genetic Resources, Agosto 1998. http://wcdm.nig.ac.jp/wfcc/workshop_time.html.
- Biodiversity above and below the soil and sediment surface: interactions, effects on ecosystem functioning and impacts of global change, Outubro 1998 <http://www.nrel.colostate.edu/soil/scope98.html>.
- Biodiversity: Perspectives and Technological Opportunities. Capítulo 9: Diversidade Microbiana e Desenvolvimento Sustentável (diversos documentos). <http://www.bdt.org.br/publicacoes/padctbio/cap9/>.