

PAT 2008



# XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

Manejo e conservação do solo e da água  
no contexto das mudanças ambientais

10 a 15 de agosto de 2008  
Hotel Glória, Rio de Janeiro - RJ

Este evento é vinculado ao:



**Série Documentos 101**

ISSN 1517-2627

Promoção:



Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo

Realização:



Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro

**Embrapa**

Solos  
Agrobiologia

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento





# XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 A 15 de agosto de 2008, Hotel Glória, Rio de Janeiro - RJ



Programação da XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

## Dia 10 de agosto de 2008 – Domingo

16:00 às 19:00 h: Inscrições

19:00 h: Cerimônia de abertura.

21:00 h: Coquetel.

## Dia 11 de agosto de 2008 – Segunda-feira

9:00 às 11:30 h: Conferência de Abertura ***“Manejo e conservação do solo e da água no contexto de mudanças ambientais”***.

*Motivação:* Soil and Climate Feedback Effects: On What Issues Should Soil Scientists Do Research?

Prof. Philippe Baveye – University of Abertay SIMBIOS Centre, Dundee, Scotland.

*Conferencia I:* Panorama Mundial.

Dr. Julian Dumanski – Centre for Land and Biological Resources Research (CLBRR), Ottawa, Canadá.

*Conferência II:* Panorama Nacional.

Dr. Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado – Embrapa Arroz e Feijão.

Promoção:

Realização:



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**



**Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro**



**Embrapa  
Agrobiologia**



**Embrapa  
Solos**



# XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 A 15 de agosto de 2008, Hotel Glória, Rio de Janeiro - RJ

*Moderador:* Dr. Pedro Freitas (Embrapa Solos).



**14:00 às 17:30 h:** Sessões Técnicas 1, 2 e 3

## **Sessão Técnica 1:**

### **Planejamento de uso da terra em microbacias hidrográficas**

*Palestrante:* Dr. Nestor Bragagnolo (Secretaria de Agricultura do Paraná).

## **Sessão Técnica 2:**

### **Processos erosivos e ações mitigadoras**

*Palestrante:* Dr. Neroli Pedro Cogo (UFRGS).

## **Sessão Técnica 3:**

### **Mudanças ambientais: seqüestro de carbono, gases de efeito estufa**

*Palestrante:* Dr. Segundo Urquiaga (Embrapa Agrobiologia).

**Dia 12 de agosto de 2008 – Terça-feira**

**9:00 às 10:30 h:** Mesa Redonda 1 “Expansão da Agricultura Brasileira e Relações com as Mudanças Ambientais”.

*Motivador:* Dr. Antônio Ramalho Filho (Embrapa Solos).

Palestra 1: **Pedologia e interpretações para o manejo e a conservação do solo e da água.**

*Palestrante:* Dr. Doracy P. Ramos (UENF).

Palestra 2: **Mudanças no uso da terra e seus impactos nos biomas brasileiros.**

*Palestrante:* Dr. Humberto Ribeiro da Rocha (IAG/USP).

Promoção:

Realização:



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**



**Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro**





# XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 A 15 de agosto de 2008, Hotel Glória, Rio de Janeiro - RJ

**10:30 às 12:30 h:** Sessão de painéis.



**14:00 às 17:30 h:** Sessões Técnicas 4, 5 e 6.

## **Sessão Técnica 4:**

**Manejo do solo e da água em sistemas de agricultura irrigada.**

*Palestrante:* Dr. Mateus Rosas Ribeiro (UFRPE).

## **Sessão Técnica 5:**

**Sistemas conservacionistas de uso do solo.**

*Palestrante:* Dr. Ademir Calegari (IAPAR).

## **Sessão Técnica 6:**

**Manejo de fertilizantes e resíduos em agroecossistemas.**

*Palestrante:* Dr. Paulo Guilherme Wadt (Embrapa Acre)

**Dia 13 de agosto de 2008 – Quarta-feira**

**9:00 às 10:30 h:** Mesa Redonda 2 “**Novos Cenários com a Expansão da Agroenergia**”.

*Motivador:* A confirmar

Palestra 1: **Diretrizes para expansão da produção de agroenergia no Brasil.**

*Palestrante:* Dr. Celso Manzatto (Embrapa Solos).

Palestra 2: **Agroenergia e sustentabilidade do solo e da água.**

*Palestrante:* Dra. Maria Victoria Ramos Balester (CENA).

**10:30 às 12:30 h:** Sessão de painéis.

Promoção:

Realização:



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**



**Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro**





# XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 A 15 de agosto de 2008, Hotel Glória, Rio de Janeiro - RJ



**14:00 às 17:30 h:** Sessões Técnicas 7, 8 e 9.

**Sessão Técnica 7:**

**Indicadores de qualidade do solo e da água.**

*Palestrante:* Dr. Guilherme Chaer (Embrapa Agrobiologia).

**Sessão Técnica 8:**

**Poluição e remediação do solo e da água.**

*Palestrante:* Dr. Daniel Vidal Perez (Embrapa Solos).

**Sessão Técnica 9:**

**Geotecnologias e modelos aplicados ao manejo e conservação do solo e da água.**

*Palestrante:* Dra. Isabella Clarice de Maria (IAC)

**Dia 14 de agosto de 2008 – Quinta-feira**

**9:00 às 10:30 h:** Mesa Redonda 3 “**Serviços Ambientais: Oportunidades e Desafios**”.

*Motivador:* a definir.

Palestra 1: **Manejo e Conservação do Solo.**

*Palestrante:* Dr. Eduardo Sá Mendonça (UFV).

Palestra 2: **Gestão de recursos hídricos na agricultura.**

*Palestrante:* Dr. Antônio Félix Domingues (ANA).

**10:30 às 12:30 h:** Sessão de painéis.

Promoção:

Realização:



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**



**Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro**





# XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 A 15 de agosto de 2008, Hotel Glória, Rio de Janeiro - RJ



**14:00 às 15:00 h:** Apresentação da “Lei de Conservação do Solo”.

*Palestrante:* Dr. Márcio Antônio Portocarrero – Secretário de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo – MAPA.

**15:00 às 17:30 h:** Plenária Final.

Apresentação da síntese dos relatores e encaminhamentos gerais.

**Dia 15 de agosto de 2008 – Sexta-feira**

**9:00 às 17:30 h:** Excursão técnica de campo.

Promoção:



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**



**Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro**

Realização:

**Embrapa**  
**Agrobiologia**

**Embrapa**  
**Solos**

## **SOIL CONSERVATION IN A CHANGING WORLD.**

Julian Dumanski,  
Consultant, Sustainable Land Management  
Ottawa, Canada

### **SUMMARY**

The terrestrial landscape has changed considerably compared to that of the early 20<sup>th</sup> century when soil conservation was first institutionalized. Large portions of the land are already intensively managed, and the remainder is increasingly receiving human interventions. Previous work on soil conservation focused attention on technological innovations, particularly control and mitigation of soil erosion. However, land degradation has continued and actually accelerated in many parts of the world, due mainly to demands for continued economic development, using technologies that are highly exploitive. In many cases, this has been facilitated by highly inadequate and unsympathetic institutional, legislative, and policy environments.

The paper discusses the new driving forces, new international programs, and new potential partners in soil conservation. Increasingly, international efforts to mitigate land degradation are shifting from studies of the biophysical processes to improving the global, national and local enabling policy environment, as well as mainstreaming of soil conservation into national and regional policies and programs. Also, increased emphasis is placed on economic instruments and international markets, such as carbon trading, and incorporation of non-market values in ecosystem investment, such as payment for ecosystem services, certification schemes, etc. The paper discusses some of the opportunities for soil conservation that accrue from these new driving forces.

Key words: land degradation, environmental goods and services, driving forces

### **INTRODUCTION**

Soil conservation has its roots in historical antiquity, but the institutionalization of the movement began with the major droughts and environmental devastations which occurred in the early part of the 20<sup>th</sup> century. The approaches to soil conservation that emerged from these experiences focused on prescriptive technological and engineering approaches to prevent or mitigate the impacts of soil erosion on crop yields, farmer income, and food security. However, after almost a century of soil conservation, the world has changed. Agriculture is now less natural resource based, and more strongly affected by global events, production subsidies and other safety nets. Over the past decades, new land management technologies have progressively improved crop yields, and until very recently, the accepted evidence was that food security was no longer a concern<sup>1</sup>. However, events of the past year bring this into question

Although the importance of soil conservation to national agricultural GDP varies from country to country, the global importance of soil conservation and the control and mitigation of land degradation<sup>2</sup> are more highly recognized now than at any time in the past. This is because rising populations and rising incomes in the middle classes, as well as increased capacity of human interventions to cause ecosystem degradation, are now of such magnitude that for the first time in history how we manage the land can impact directly on global environmental goods and services. This concern on environmental values is the major driving force on the geopolitical agenda for

---

<sup>1</sup> Although food security is reasonably assured, about 2 M people go hungry every day, due more to problems of internal security and distribution.

<sup>2</sup> Land degradation involves the processes of degrading the quality of land, whereas soil conservation normally refers to remedial or mitigation measures. Although the terms are sometimes used interchangeably in this paper, they are not the same.

soil conservation, and this is expected to increase in the future as society better understands the important linkages between soil quality and the environment.

### **LINKING LAND DEGRADATION AND GLOBAL ENVIRONMENTAL GOODS AND SERVICES.**

Land degradation is an integral part of the environment cycles<sup>3</sup> that support all types and quality of terrestrial life on the planet. Thus, in thinking about the processes and impacts of land degradation on society, we must increasingly focus not only on agricultural yields, farmer income, and food security, but increasingly on the impacts of land degradation on provision of environmental goods and services. The driving forces of rural land use change are shifting from agriculture, forestry and other extractive services, to provision of environmental goods and services and global life support systems, and the major decisions in this are being made by people in urban fora, with increasingly removed understanding of agriculture.

Most ecosystem changes are result of rapid growth in demand for food, water, timber, fibre, and fuel. In the recent past, food production increased by two and a half times, water use doubled, timber harvesting increased by more than half but tripled for pulp and paper production, and installed hydropower doubled. These changes have contributed to substantial net gains in human well-being and economic development, but at growing costs of ecosystem degradation, increased risks of extreme events, and exacerbation of poverty for some groups of people. The degradation of ecosystem services represent loses of natural capital, and while this can sometimes be justified to produce greater gains in other services, often more degradation of ecosystem services takes place than is in the best interest of society.

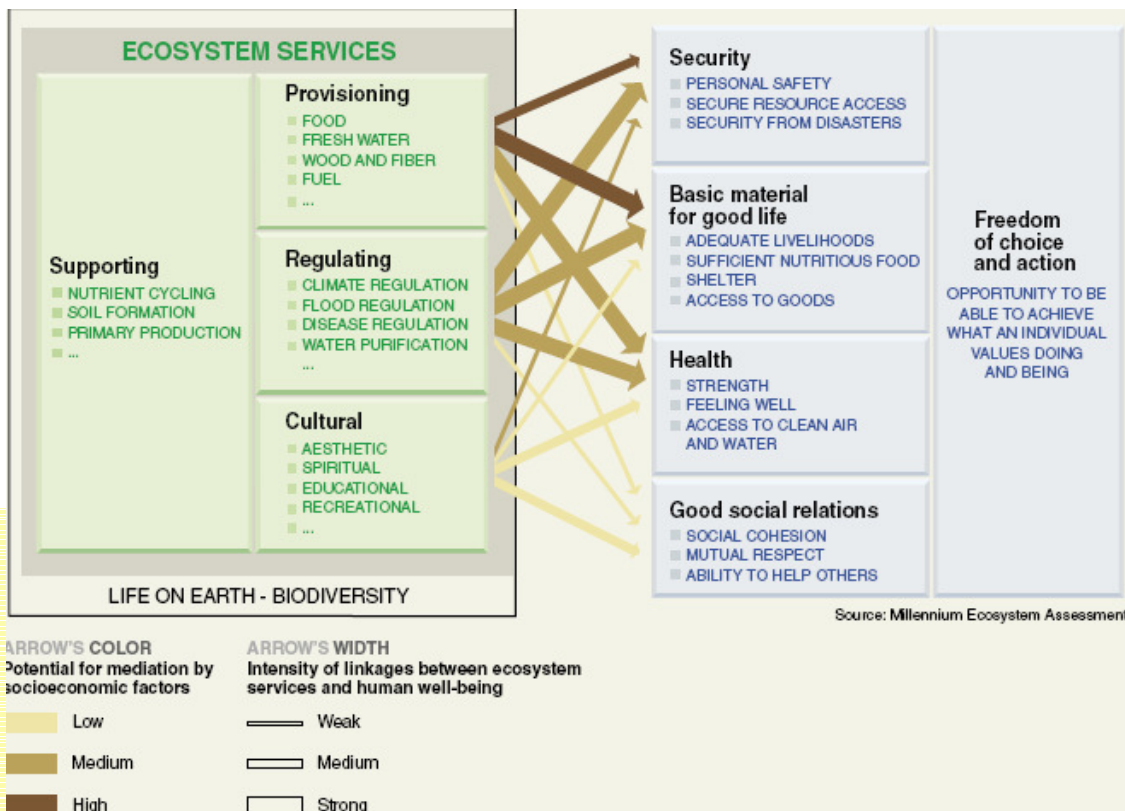
There are direct and indirect linkages between ecosystem services and components of human well-being, and land degradation affects these linkages in different ways. Knowledge of these impacts provides evidence of the extent to which these can be mitigated with socioeconomic and technological interventions. For example, if it is possible to purchase a substitute for a degraded ecosystem service, then there is a high potential for mediation, but if there is no substitute, or if the substitute is very expensive, or if degradation of the ecosystem service is beyond rehabilitation, then that service may be lost forever. The strength of the linkages and the potential for mediation are shown in Figure 1.

Figure 1. Linkage between ecosystem goods and services and human well being (UNEP, 2005).

---

<sup>3</sup> Discussions on global environmental degradation include dimensions of land degradation. Although the terms have different meaning, in most cases, environmental degradation cannot occur without considerable degradation of land resources.

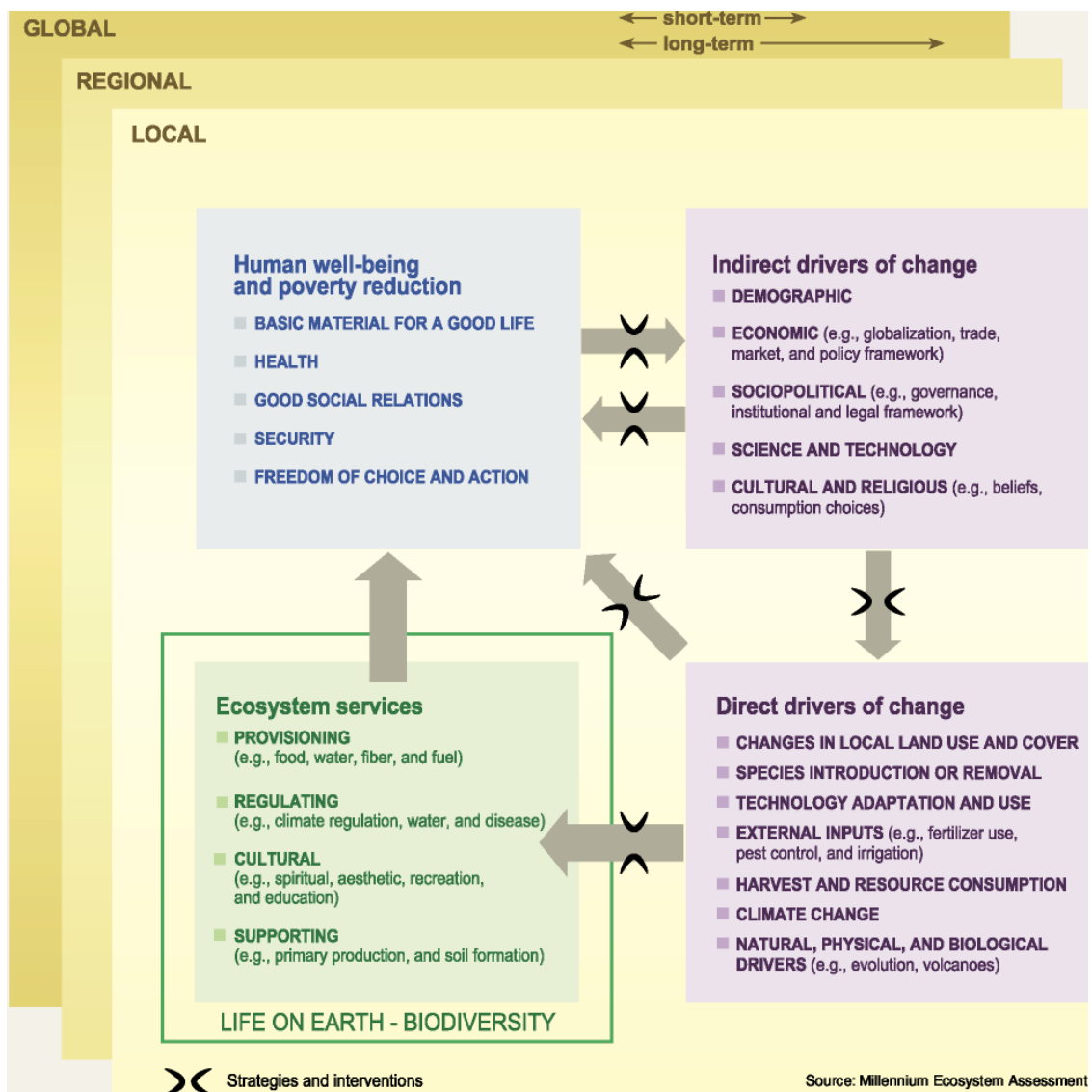




Changes in drivers that indirectly affect ecosystem goods and services can lead to changes in drivers that directly affect ecosystems, such as changes in local land use and cover, the application of fertilizers, etc. (Figure 2). These result in changes to ecosystems and the services they provide, thereby affecting human well-being. These interactions can take place at several scales and can cross geographic and time scales. For example, an international demand for meat products may lead to regional deforestation, which may increase flood magnitude, loss of soil organic matter, and soil erosion.

A discussion of the current state of the global environment is given in the Appendix to this paper.

Figure 2. Linkages among direct and indirect drivers of land use change, ecosystem services, and human well being (UNEP, 2005).



## GLOBAL TRENDS INFLUENCING THE GEOPOLITICAL AGENDA FOR SOIL CONSERVATION

The human footprint on global terrestrial ecosystems is very large and growing exponentially. Currently, fully 83% of the world's land area is directly influenced by human interventions (Sanderson et al. 2002)<sup>4</sup>; 50% of the terrestrial earth's surface has been converted to grazing land and cultivated cropland, and 25% is intensively managed in agriculture, natural and plantation forests, or managed nature preserves (UNEP, 2005). Estimates are that by early in the next century, all land will be under some degree of management (Vitousek 1994).

<sup>4</sup> Cited in Karieva, P. et al. 2007. Science Magazine 29 (319); 1866-1869.

The current driving forces on terrestrial ecosystems result from our continual initiatives for improved incomes and life styles:

**Increasing human footprint on the environment:** The development of the extensive human footprint began under the rubric of settlement and our attempts to domesticate nature, in we have been extremely efficient. Originally, nature was domesticated (tamed) to enhance productivity, ensure food security, and predators, but more recently this was promoted to enhance commerce and provide protection from storms and diseases (Karieva, et al. 2007). This process was fundamentally one of tradeoffs, i.e substituting some natural environmental goods and services for others that are considered to be more useful. Thus for example, we plowed up grasslands and cut down native forests to create land for settlement and cultivation. In the process, we suppressed wildfires, eliminated predators, fortified shorelines, and controlled rivers for irrigation and hydroelectric power. Already the earth's dams hold nearly six times as much water in storage as occurs in free-flowing rivers (UNEP, 2005). These are all positive interventions in the process of domesticating nature, but the resulting trade-offs are of lower resilience than those originally provided by nature, and the consequences are often land degradation, desertification, poverty, and increasing marginalization of the world's disadvantaged.

There is a general impression among policy makers that a reserve of spare land exists for further settlement and cultivation. Although this was once the case, current estimates are that we are effectively at the limits of cultivable land, except for selected areas of central Africa and central Latin America (Young, 1999).

**Urbanization:** The continued, rapid urbanization of the worlds' population also strongly promotes the continued domestication of nature. By 2030, there will be 1.75 billion more urban residents, representing new urban land cover totaling about 42.4 M ha. These ecosystems are very much different from those of rural areas, and because cities are the main consumers of most ecosystem services, the per capita ecological footprints will increase dramatically as incomes and consumptions increase. The choices and actions of urban dwellers are more powerful than those of rural populations, and these will influence polices and action far beyond their boundaries. Unfortunately, urbanites are generally unaware of the impacts of their decisions on environmental goods and services, and they are generally not knowledgeable on the trade-offs possible to provide for an improved environment. Regardless, future political discussions on the environment will be increasingly controlled by these urban influences, and further conversions of nature are expected. On the positive side, and with the higher education of urban populations, future discussions will increasingly focus on the trade-offs that we wish to impose on an already domesticated landscape, and soil conservationists must be ready to play increasingly important roles in these strategic discussions.

**Globalization:** Globalization is the chief process driving our age. It is a relatively recent phenomena, but one with potentially significant impacts on soil conservation policies. This is because of the new driving forces on the use and consumption of natural resources, namely income growth, high energy prices, rapidly escalating food prices, emerging biofuel markets, and climate change. Since 2000, world demand for cereals increased by 8 %, but prices more than doubled (von Braun, 2007). This dramatic rise was due to a series of inter-related factors, including increased global populations (ref), high economic growth, particularly in China and India<sup>5</sup>, shifting rural - urban populations<sup>6</sup>, growth of the middle class with higher incomes and

---

<sup>5</sup> Real GDP in these regions increased by 9 % per annum between 2004 and 2006.

<sup>6</sup> Sixty one per cent of global populations are expected to live in urban areas within the next three decades.

changing consumption habits<sup>7</sup>, reduced cereal stocks<sup>8</sup>, the search for alternate fuels, and climate change<sup>9</sup>. Another significant factor is the growing power and leverage of international corporations on the production and marketing chain (von Braun, 2007)<sup>10</sup>, including the horizontal consolidation that has occurred across the agri-input industry, with the top three agri-chemical companies accounting for roughly half of the total market.

The full impacts of globalization are yet to be identified, but they are likely to vary among countries. There are emerging observations that the high food prices will result in reduced application of conservation technologies in food exporting countries, as farmers react to the higher prices. In the USA, there is evidence that up to half of the farmers participating in the Conservation Reserve Program are planning to opt out about 50 % of their commitment in the next round of negotiations. This is opposed by urban interests such as the nature NGOs and environmentalists, but supported by other urban interests such as bakers and food suppliers. On the other hand, the high food prices may result in increased recognition of the value of conservation in food importing countries, as governments try to minimize the costs and impacts of high food prices. High fuel prices will make agriculture more expensive, but may also help to promote zero tillage, as farmers move to minimize operating costs. On biofuels, there is growing consensus that they are neutral in terms of greenhouse gas contributions, but highly distorting of market conditions due to extensive farm subsidies<sup>11</sup>. At the same time, there are concerns on the potential negative impacts on soil conservation if crop residues are used for biofuels.

The concentration of marketing power in the hands of international corporations is not likely to benefit soil conservation since these companies emphasize food quality, food safety, and guaranteed supply at the required time, rather than global environmental benefits, although they may be useful partners in promoting a certification scheme for soil conservation. Regardless, the soil conservation community must recognize that there are new players on the field, and that they wield considerable consumer and political power.

**Information power:** The age of information and the age of globalization are parallel driving forces. Whereas the latter is driven by trade, the former is driven by new technologies and the evolution of new and improved skills and understanding. Whereas once nation states derived national policies on issues such as the environment, the evolving approaches are to move toward international solutions on global environmental problems. This is best illustrated by the growing influences of the international environmental conventions, administered under the UN. These are increasingly powerful instruments, with highly effective convening powers, centered primarily on the urban constituency. For example, in 2007, the IPCC shared the Nobel Prize with Al Gore for their work on Climate Change. This was achieved through the collaboration of hundreds of scientists from many countries in the space of only about 15 years. Such impact has never been achieved before.

## NEW OPPORTUNITIES FOR PROMOTING SOIL CONSERVATION

---

<sup>7</sup> In South Asia, per capita consumption of rice is expected to decline by 4 % by 2025, but consumption of milk and vegetables is expected to increase by 70 % and meat, eggs, and fish by 100 %.

<sup>8</sup> In 2006, global cereal stocks were the lowest since the early 1980s.

<sup>9</sup> World agricultural GDP is projected to decrease by 16 % by 2020 due to climate change.

<sup>10</sup> Between 2004 – 2006, total global food spending increased by 16 % to \$6.4 trillion; growth for the top food processors and traders increased by 13 %; the top 10 producers of agricultural inputs increased by 8 %; sales of the top food retailers increased by 40 %.

<sup>11</sup> The US imposes a duty of \$0.51 per litre of biofuel imported from Brazil, but subsidizes US corn production for biofuel.

## The International Environment Conventions

Several important international environment conventions have been developed and ratified by the global community since the Rio Earth Summit. The conventions emphasize international responsibilities for global environmental management, but recognize that there are corresponding local and national issues. While all deal with complex issues of land management, only the United Nations Convention to Combat Desertification and the United Nations Framework Convention on Climate Change, and its subsidiary, the Kyoto Protocol, specifically mention soil and land management, although this is increasingly being recognized also in the Convention of Biodiversity

The major international conventions and their relationships to agriculture are summarized as follows:

**Biodiversity and Agriculture:** Biodiverse ecosystems have a fundamental role and importance in sustainable development, providing many important benefits. They often contain a variety of economically useful products that can be harvested or serve as inputs for production processes, as well as providing habitats for flora and fauna, and many key ecological services including those associated with nutrient cycling, disturbance regulation, availability and quality of water for agriculture, industry, or human consumption, etc. Agriculture is dependent on many biological services, and conversely, sustainably managed agricultural landscapes are important to the conservation and enhancement of biodiversity.

**Desertification and Agriculture:** The objectives of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) are to combat desertification, land degradation, and the effects of drought in arid, semi-arid, and dry sub-humid areas. Efforts to combat desertification are integrated with strategies for poverty eradication, and they are guided by the principles of stakeholder participation, international cooperation, and consideration of the specific needs of affected developing countries. National Action Programs (NAPs) are developed to define and promote preventive measures, enhance climatologic, meteorological, and hydrologic capabilities, strengthen institutional frameworks, provide for effective stakeholder participation, and review implementation regularly. The Convention gives priority to Africa while not neglecting other regions. It has no independent financing, but a Global Mechanism (GM) was established to mobilize and coordinate funds for combating desertification.

**Climate Change and Agriculture:** The linkages among land-use dynamics, management of rural landscapes, and greenhouse gases (GHGs) are identified in the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). During previous periods of rapid agricultural expansion, primarily in temperate regions, there was widespread conversion of native lands for agriculture, with concomitant huge emissions of CO<sub>2</sub> to the atmosphere due to oxidation of organic carbon in vegetation and soils. In recent years, deforestation in temperate regions has been reversed, but land conversions in the tropics has greatly expanded, and this has become a major source of CO<sub>2</sub> emissions to the atmosphere. Annually, about 20% of total anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions are due to land conversions, and a further 5 % is contributed from continual carbon losses from cultivated soils. Also, agriculture contributes around 50% of anthropogenic CH<sub>4</sub> emissions globally, primarily from the rumen of livestock and from flooded rice fields, and about 70% of anthropogenic N<sub>2</sub>O, largely as a result of nitrogen inputs from synthetic fertilizers and animal wastes, and biological nitrogen fixation (IPCC, 2000).

**International Waters and Agriculture:** Almost half of the world's land surface and 80% of the fresh river flows exist in major basins which cross or form international boundaries. Many of these shared watercourses are subject to alarming rates of environmental degradation, with strong linkages with land and water management (GEF, 2002). Deforestation and land degradation in international watersheds such as the Nile, Niger, Parana, and Indus affect rainfall patterns, increase the range of local temperatures, and cause major variations in water flow and quality. Soil erosion leads to siltation and sedimentation of lakes and reservoirs, shorten their lifetimes, destroy aquatic environments, reduce the productivity of their ecosystems, and diminish the flood control capacity. Approximately 75% of global pollution of marine waters is from land-based activities, including pollutants such as pesticides, nutrients from fertilizers and sewage, sediments and solid wastes. Pollution from nitrates and phosphorus is growing rapidly due to overuse of fertilizers, increased domestic and industrial sewage, and increased aquaculture.

**The Ramsar Convention:** The Convention on Wetlands is an intergovernmental treaty which provides the framework for national action and international cooperation for the conservation and wise use of wetlands and their resources. It came into force in 1975, with a mission for "the conservation and wise use of all wetlands through local, regional and national actions and international cooperation, as a contribution towards achieving sustainable development throughout the world". Wetlands provide fundamental ecological services and are regulators of water regimes and sources of biodiversity at all levels - species, genetic and ecosystem. Soil conservation has an important role in the rehabilitation and preservation of wetlands, and prevention of serious and sometimes irreparable damage to provision of ecosystem services.

**The impacts of the environment conventions on soil conservation:** The international environmental conventions, particularly the UNFCCC and the UNCCD, illustrate the new dynamics in the geopolitical evolution of soil conservation. These conventions do not guide activities in soil conservation, but they focus discussions on linkages between land degradation and the environment, identify objectives to be achieved and procedures to be followed, identify new opportunities including new market based opportunities, and identify new partnerships and new money to fund the programs. Negotiations under Kyoto are illustrative of how new financial instruments (carbon credits) and market mechanisms (carbon trading) under the international conventions can be used to promote soil conservation. The general acceptance of these approaches indicate that market based opportunities will become available for the other international conventions, thus cementing good business practices with provision of environment goods and services.

The conventions on Climate Change and Desertification have highlighted the importance of soil conservation to the urban community and to the world. The importance of soil conservation vis-à-vis global environmental benefits is now recognized on a par with air and water quality. This provides opportunities to promote soil conservation on levels that have never been available before.

## **NEW INTERNATIONAL INITIATIVES TO MITIGATE LAND DEGRADATION**

**The Global Environment Facility (GEF):** The GEF is the major funding agency for the international environmental conventions. The GEF, which was replenished in 2007, currently supports six focal areas and two cross-cutting areas. For soil conservation, the main focal areas of interest include Land Degradation, International Waters, Climate Change, and Biodiversity. Each focal area is defined by long term Strategic Objectives, and supported by sets of Strategic Programs and expected outcomes (GEF, 2007).

The GEF focal area on Land Degradation is designed to foster system-wide change to control the increasing severity and extent of land degradation and to derive global environmental benefits. Its tool is Sustainable Land Management (SLM). The focal area will address the three major direct drivers for terrestrial ecosystem degradation, namely land use change, natural resources consumption and climate change. All project proposals will incorporate the effect of climate change as an integral part of measures for sustainable land management. The GEF emphasizes that investing in SLM to control and prevent land degradation is an essential and cost-effective way to deliver other global environmental benefits, such as maintenance of biodiversity, mitigation of climate change and protection of international waters.

The program takes a holistic view of land degradation, and works towards capturing synergy among the GEF focal areas as these relate to land degradation. Sustainable land management takes a landscape approach, which requires integration among all major issues involved in natural resources management, including the various factors influencing decisions about land use at the local, national, and regional level. This program invests in projects that integrate sustainable land management into national development priorities, strengthen human, technical, and institutional capacities, bring about needed policy and regulatory reforms, and implement innovative sustainable land management practices.

The GEF emphasizes and promotes development of appropriate enabling policy environments and institutional capacity to support sustainable land management (SLM), particularly in least developed countries which may lack such infrastructure. Related activities include harmonizing relevant planning and policy frameworks, integrating land use planning, and establishing institutional mechanisms for the management of trans-boundary resources. An essential part of the GEF's work in SLM is supporting on-the-ground investments in sustainable agriculture, rangeland, and forest management to address land degradation, such as packages to restore ecosystem health while improving local livelihood and the flow of goods and services they provide.

**Terrafrica – The New Alliance to Combat Land Degradation in Africa**<sup>12</sup>: This program is based on the principles of Sustainable Land Management (SLM)<sup>13</sup>, giving it distinct advantages to pursue joint objectives in land degradation and environment management. The focus of Terrafrica is to ensure that SLM is mainstreamed more at the center of governments' and other stakeholders' priorities, attract new investment, scale-up successful programs, improve national and international knowledge on policies, advocacy, and investment packages for SLM. Intentions are not to promote new research and new technologies, But rather to focus on root causes of land

---

<sup>12</sup> This program was developed because past investments and research on land degradation in Africa have been inadequate compared to the scale of the threat, land degradation continues to accelerate, and it is recognized as a genuine constraint to economic growth (World Bank, 2005). Currently, about 65 per cent of Africa's population is directly and indirectly affected by land degradation (Reich, P.F. et al. 2001). Agriculture generates about one-third of the continent's Gross National Income, but agricultural production has been falling at about 3 %/yr as a result of land degradation and other causes (Berry, L. 2003). The loss in gross annual income due to land degradation is estimated at USD 9 billion for Africa (GTZ, Fact Sheet Desertification in Africa). As a consequence, food insecurity in Sub-Saharan Africa is expected to increase by 25 percent between 2000 and 2010 (Weibe, K. 2003).

<sup>13</sup> The pillars of SLM are the application of agro-ecological principles to farming; an emphasis on human resource development and knowledge based management techniques; a participatory, decentralized and farmer centered approach; the value placed of natural and social capital enhancements in addition to economic efficiency gains, and the role of strong and self reliant rural institutions (Smyth and Dumanski. 1993).

degradation, including indirect impacts and socio-economic drivers, institutional and policy barriers, and markets for inputs and produce. It also provides support and capital to invest in land improvements, dissemination of knowledge, and support to analytical underpinnings to guide decision-making and to assess socio-economic costs and benefits. It also works to improve cooperation and harmonization among stakeholders including donor agencies, researchers, civil society, and farming communities.

The TerrAfrica program is being developed by a partnership of donors and governments, including the GEF and the World Bank, and will operate in Sub-Saharan Africa at country and regional levels.

**MENARID – Integrated Natural Resource Management for the Middle East and North Africa:** The objective of MENARID is to (i) to promote INRM in the production landscapes of the MENA region and (ii) improve the economic and social well-being of the targeted communities through the restoration and maintenance of ecosystem functions and productivity. In this program, investments will be coordinated to: (i) promote enabling environments and mainstream the INRM agenda at national and regional scales, and (ii) generate mutual benefits for the global environment and local livelihoods through catalyzing INRM investments for large-scale impact. The program will support the GEF focal areas for land degradation, international waters, biodiversity, and climate change while contributing at the same time to improving livelihoods and reducing poverty. The operational objectives are to promote INRM in the production landscapes, while improve the economic and social well-being of the targeted communities through the restoration and maintenance of ecosystem functions and productivity.

The MENARID program will provide technical assistance, and associated investments necessary to coordinate and harmonize INRM activities, in an effort to integrate IWRM, biodiversity conservation, measures and climate responses in the MENARID countries. The program will promote policy and institutional reforms to mainstream INRM and IWRM, biodiversity conservation measures, and climate responses in national policies, planning processes, and legal frameworks. The program will also invest in restoration of arid and semi-arid ecosystems, rehabilitation and restoration of degraded lands (including farmlands, rangelands and watersheds), as well as stimulate income-generating activities for the local populations, including increased adaptation to climate change. The fourth component emphasizes knowledge management, sharing, and up-scaling best practices.

The program will be delivered through targeted technical assistance and associated investments to strengthen institutional and human resource capacity for improved coordination at the national level, as well as on-the-ground operational capacity at the local level.

**The European Union Thematic Strategy on Soil Protection:** The Environment Commission of the EU is working on a strategy to provide EU Member States with a framework within which to protect soil and use it in a sustainable way. For the first time, they are treating soil protection on the same level as water and air. The objectives are to harmonize legislation, policies and programs, so as to ensure an adequate level of protection for all soil in Europe. These are the first steps in the development of a Thematic Strategy to protect soils in the European Union, which ultimately may contain a proposal for a European law (a framework directive) which could set out common principles and a common methodology.

**Conservation Agriculture:** An international movement of farmer associations: Conservation Agriculture (CA) is a new, farmer driven, international movement that is gaining acceptance because of the potentials to enhance farm profits, while concurrently improving environmental



services, soil quality, and mitigate land degradation. CA emphasizes the use of modern technologies that enhance the quality and ecological integrity of the soil, but the application is tempered with traditional knowledge of soil husbandry gained from generations of successful farmers. This holistic embrace of knowledge, as well as the capacity of farmers to apply this knowledge, and innovate and adjust to evolving conditions, ensures the sustainability of those who practice CA. CA provides direct benefits to environmental issues of global importance, including control and mitigation of land degradation, mitigation of climate change, improved air quality, enhanced biodiversity including agrobiodiversity, and improved water quality. It is achieved through community driven development processes whereby local, regional and national farmer associations, working through community workshops, farmer-to-farmer training, and on-farm experimentation, but with technical backstopping from conservation professionals, decide on the technical innovations for adoption and the best procedures for implementation.

An international working group has developed a comprehensive definition of CA to clarify relationships between CA and no-tillage (Dumanski, et al. 2006). This identifies the principles of CA to include maintaining permanent soil cover, promoting a healthy, living soil, promoting balanced application and precision placement of fertilizers, pesticides, and other crop inputs, promoting legume fallows, composting, and organic soil amendments, and promoting agroforestry to enhance on-farm biodiversity and alternate sources of income.

No-tillage remains the main stay of CA, and adoption of these technologies has expanded rapidly over the past several decades (Derpsch, 2005). No-tillage is now used on more than 95 million ha world wide, primarily in North and South America. Approximately 47% of no-tillage technology is practiced in South America, 39% is practiced in the United States and Canada, 9% in Australia and about 3.9% in the rest of the world, including Europe, Africa and Asia. Using these technologies, grain production has increased, soil carbon has been enhanced, water quality improved, and consumption on-farm of fossil fuels has decreased.

## **MOBILIZING MARKET BASED INITIATIVES FOR LAND DEGRADATION AND SOIL CONSERVATION**

**The Kyoto Protocol and Soil Conservation:** The Kyoto Protocol focuses on controlling and reducing GHG emissions (sources), primarily from industrial and transportation sources, but it also recognizes the corresponding opportunities to be gained through better management of carbon reservoirs and enhancement of carbon sinks (sequestration) in forestry and agriculture. The latter are achieved through soil conservation, improved local land management practices, such as crop rotations and zero tillage, and management of land use change (conversions).

Global, national, and regional C markets are evolving in the US, Europe, and Asia. However, the prices being offered for a certified C credit (one t CO<sub>2</sub> equivalent) are highly variable, indicating that the market is still very immature. Monitoring of the rudimentary C market in the US and Europe indicates trades often coming in as low as US\$0.85 - 3.00 per t CO<sub>2</sub> equivalent in North America (about \$0.80 per t C), whereas industrial carbon credits traded on the European exchange are normally about 15 - 20 Euros (\$19-25). The higher value of the European market is due to the legislated cap and trade system. The BioCarbon Fund, sponsored by the World Bank, pays \$4.00 per t CO<sub>2</sub> equivalent .

Although governments have major roles in developing the market by regulating policy and directly and indirectly setting the price through incentive payments and other interventions, the current action of governments in the evolution of these markets is not clear. Thus, it is uncertain

whether current market prices will be sufficient to entice many farmers to make the necessary changes in land management to ensure sufficient sequestration to meet Kyoto requirements.

**Payment for Environmental Services (PES):** In Latin America, water-related PES schemes are gaining popularity as instruments to finance activities of natural resources management for improving water availability and quality (Kiersch, et al. 2005). Schemes range from local initiatives with or without external financing to national programs financed through cross-sectoral subsidies. Most PES schemes are negotiated directly between participants, with payments to providers based mostly on available funds and opportunity costs.

While these are promising mechanisms to improve natural resource management, providing there are water users with a sufficiently large willingness to pay, it would be more useful to expand such schemes to include other environmental services such as carbon sequestration or biodiversity conservation. Such expansion, however, would require new institutional mechanisms to combine local and global markets for environmental services, and the development and monitoring of new technologies which simultaneously provide these services.

**New partners in soil conservation –an example from Ducks Unlimited Canada (DUC):** DUC is part of the larger North American Ducks Unlimited family, with a mission to conserve, restore and manage wetlands and associated habitats for North America's waterfowl, providing benefits to wildlife and people. DUC is a private, non-profit, Canadian owned and governed, charitable association. The vision of DUC is to achieve a mosaic of natural, restored and managed landscapes capable of perpetually sustaining populations of waterfowl and other wildlife

Ducks Unlimited Canada, with its partners in the USA and Mexico, started the North American Waterfowl Management Plan in 1986. This has since expanded to become one of the most successful conservation programs in the world. This international agreement unites federal, provincial/state and municipal governments, non-governmental organizations, private companies and many individuals. The program has generated over \$3.2 B, and successfully conserved over 5 M ha of wetlands, particularly the important areas of the flyover in North America.

DUC puts major emphasis on forming partnerships with private land owners in joint ventures where there are mutual benefits. For example, they promote and facilitate establishing conservation easements, where payment or tax benefits accrue to landowners who agree to manage their land using conservation based technologies. In particular, they promote zero tillage and other soil and crop conservation practices which concurrently enhance soil quality, conserve habitat, and improve biodiversity. These popular initiatives have secured over 17,000 landowners as members in the joint ventures in the prairie region of western Canada. More recently, DUC has begun work to broker agreements between farmers and governments in marketing carbon sequestration credits under the Kyoto Protocol.

## CONCLUSIONS

The global terrestrial environment consists of a mosaic of ecologically linked, natural and human land use ecosystems, and the health and integrity of these ecosystems depends on the mix and the synergy of processes that pass between them to produce a steady flow of production and environmental goods and services (GEF, 2004). The links among ecosystem integrity, human welfare, and human health are increasingly being realized, and it is recognized that land degradation affects selected portions of these linkages. These degradation processes must be more

carefully controlled if the ecosystem components, functional cycles, and services that flow therefrom are to be ensured into the future.

Understanding the components, processes, and synergy within and between natural and converted (managed) ecosystems requires a landscape approach rather than single factor studies. Landscape studies promote understanding of ecological and socio-economic interactions, linking local benefits to global environmental goods and services. Agro-ecosystems and other managed ecosystems experience pressures, energy flows, and dynamics that differ from natural systems, and these have to be understood not only in terms of capital return (yield, etc.) but also in terms of their influence on ecosystem services (Dumanski, et al. 2002).

There are new driving forces that will influence the geopolitical agenda for soil conservation. These include the rising consumerism of the global middle classes, including the rapidly urbanizing populations of China, India, and Latin America. The processes of globalization, modern technologies of knowledge management, and the rising influence of urbanites have the potential to considerably change the way we promote soil conservation. We must be cognizant of these driving forces, and react to capture the opportunities they present. At the same time, there are new and increasingly powerful players on the soil conservation scene, including the nature-based NGOs which are emerging as influential players in soil conservation. We should pursue partnerships with these to ensure balanced focus on production, economic, and environmental goods and services. The nature-based NGOs have considerable convening power and considerable capacity for fund raising, but more importantly, they are increasingly influential in developing financing schemes for non-market goods and services from the environment. These are important initiatives for soil conservation.

There are many promising, new opportunities for soil conservation, as illustrated in the international environment conventions, the evolving, new programs under sustainable land management, and the evolving international trading schemes. This will require some shifts in focus for the soil conservation community, a move from defining the processes of erosion and developing technological fixes, towards more involvement in the social and political processes of community led soil conservation. More attention must also be given to removing the barriers and bottlenecks to soil conservation. Also, the soil conservation community must be more proactive in mobilizing and empowering the farmers and herders of society in the fight against land degradation, since they are the immediate direct beneficiaries of improved land management and those who suffer the most from land degradation. The international environment conventions provide guidance and opportunities for such shifts, and some successes achieved with international institutions, such as the International Union for the Conservation of Nature, Ducks Unlimited, and other environmental NGOs, provide guidance on approaches.

Thus, the world has changed and the science of soil conservation must also change. The soil conservation community must stop looking at what has worked in the past, but look forward to what is needed in the future; thinking beyond the box. It must move from perennial studies of erosion and prescriptive engineering approaches, to more holistic and participatory (social) approaches. It must move to procedures which integrate soil conservation, rural landscape management, and technological innovation, with profit generating activities and market opportunities. We must get on board with the new driving forces and new program opportunities; we must catch the wave. The soil conservation community has much to offer, and much can be achieved in partnerships in environmental management, soil conservation, and human wellbeing.

## **REFERENCES**

- Chichilnisky G and Heal, G. 1998. Economic returns from the biosphere. *Nature* 391: 629-630.
- Derpsch, R. 2005 The extent of Conservation Agriculture adoption worldwide: Implications and impact. Proceedings of the Third International Congress of Conservation Agriculture. Nairobi, Kenya.
- Dumanski, J. Peiretti, R., Benetis, J., McGarry, D., and Pieri. C 2006. The paradigm of conservation agriculture. *Proc. World Assoc. Soil and Water Conserv.*, PI: 58-62.
- Dumanski, J., Bindraban, P.A., Pettapiece, W.W., Bullock, P., Jones, R.J.A., and Thomasson, A.2002. Land classification, sustainable land management, and ecosystem health. In: *Encyclopedia of Food and Agricultural Sciences. Encyclopedia of Life Support Systems*. EOLSS Publishers, Oxford, UK.
- GEF. 2004. Scope and coherence of the land degradation activities of the GEF. GEF/C.24/6. GEF, Washington, D.C.
- GEF. 2007. Focal area strategies and strategic programming for GEF 4. The GEF, Washington, D.C.
- Karieva, P., Watts, S., McDonald, R., and Boucher, T. 2007. Domesticated nature: Shaping landscapes and ecosystems for human welfare. *Science Magazine* 29: 319, 1866-69.
- Kiersch, B., Hermans, L.,and Van Halsema, G. 2005. Payment schemes for water-related environmental services: a financial mechanism for natural resources management experiences from Latin America and the Caribbean. Seminar on Environmental Services and Financing for the Protection and Sustainable Use of Ecosystems Geneva, 10-11 October 2005. FAO, Rome.
- Olewiler, N. (2004). *The Value of Natural Capital in Settled Areas of Canada*. Published by Ducks Unlimited Canada and the Nature Conservancy of Canada. 36 pp.
- Pretty, J., Brett, C., Gee, D., Hine, R., Mason, C., Morison, J., Rayment, R., Van der Bijl, G., and Dobbs, T. 2001. Policy challenges and priorities for internalising the externalities of modern agriculture. *J. Environ. Plan. Manage.* 44:263–283.
- Requier-Desjardins, M. and Bied-Charreton, M. 2006. *Evaluation Des Coutes Economiques Et Sociaux De La Dégradation Des Terres Et De La Désertification En Afrique (St Quentin-en-Yvelines: Université de Versailles*.
- Smyth AJ and Dumanski, J. 1993. FESLM. An international framework for evaluating sustainable land management. *World Soil Resources Report No. 73*. FAO, Rome.
- Sparling,G.P., Wheeler, D., Vesely, E.T., and Schipper, L.A. 2006. What is Soil Organic Matter Worth? *J. Environ. Qual.* 35:548–557. Madison, WI 53711 USA
- UNEP, 2005. *Millennium Ecosystem Assessment*. UNEP. Nairobi, Kenya.
- Vitousek, P.M. 1994 “Beyond Global Warming: ecology and global change”. *Ecology* 75: 1861-76.

Von Braun, J. 2007. The world food situation: New driving forces and required actions. IFPRI Food Policy Report. International Food Policy Research Institute. Washington, D.C.

World Bank, 2005. TerrAfrica Information Brief. World Bank, Washington, D.C. Also cited in TerrAfrica Information Brief:

Reich, P.F. et al. 2001. Land resources stresses and desertification in Africa.

Berry, L. 2003, Case studies on the impact and cost of land degradation.

GTZ, Fact Sheet Desertification in Africa

Young, A. 1999. Is there really spare land? A critique of estimates of available cultivable land in developing countries. *Env. Dev. and Sust.* 1:3-18.

## APPENDIX

### The Millennium Ecosystem Assessment

*The state of the global environment:* The impacts of environmental degradation are assessed in the Millennium Ecosystem Assessment report (UNEP, 2005). This identifies the following:

- Approximately 15 out of 24 major ecosystem services are being degraded or are used unsustainably. These include such life support services as fresh water, air and water purification, regulation of climate, natural hazards and pests, and capture fisheries. Many such services are being degraded to increase supply of other services, such as food production.
- Evidence is increasing that the ecosystem changes are increasing the likelihood and frequency of potentially irreversible changes, such as creation of dead zones in coastal environments, shifts in regional climates, abrupt alterations in water quality, collapse of fisheries, etc.
- The harmful effects of ecosystem degradation are disproportionately born by the poor, thereby contributing to growing inequalities and sometimes social conflict.

The consumption of ecosystem services is expected to grow as a consequence of an expected three to six-fold increase in global GDP by 2050, regardless of an expected leveling off of global population growth (UNEP 2005).

In terms of land use and ecosystem degradation, the report cites the following:

- More land was converted to cropland since the Second World War, than in 150 years between 1700 and 1850. Medium and intensively managed agricultural lands now occupy about 25% of global terrestrial surface.
- Approximately 20% of coral reefs were lost and a further 20% degraded, and 35% of mangrove swamps were lost in the last decades of the 20<sup>th</sup> century
- Fresh water withdrawals from lakes and rivers doubled (70% for agriculture), and water impoundments behind dams quadrupled
- Since 1960, flows of biologically available nitrogen have doubled, and flows of phosphorus have tripled. Almost half of all synthetic fertilizers ever used, has been used since 1985.
- Since 1750, atmospheric concentration of CO<sub>2</sub> has increased by 32 % (from 280 to 376 ppm), due to fossil fuel use and land use changes. Approximately 60% of this has taken place since 1959.
- Human activities are resulting in significant losses of global biodiversity, and changing the diversity of life on earth.
- Frequency and risks of floods and fires has increased 10 fold in the last 50 years; natural catastrophes now account for 84% of insured losses.

*Mitigation of ecosystem degradation:* Ecosystem degradation and land degradation can rarely be reversed without attention to the direct and indirect drivers of land use change. Both economic growth and population pressures result in increased consumption of ecosystem services, but the harmful environmental impacts of any type and level of intervention depend on the efficiency of technologies used. Many changes in ecosystems services involve privatization of what were formerly common pool resources. e.g water user rights, land user rights, etc. In the process, some groups become marginalized and often lose their traditional access to these resources. An example is the loss of grazing rights for indigenous peoples with the privatization of rangelands. It is estimated that the important drivers of ecosystem change are unlikely to diminish in the first

half of this century, but two main drivers, climate change and nutrient loading, will become more severe (UNEP, 2005), but increasingly this will occur within the context of globalization.

*Impacts of ecosystem degradation on society:* Ecosystem degradation affects wealthy as well as poor populations, but the impacts on wealthy populations are minimized and mitigation is easier because they can afford substitutes and other measures that often are out of reach for the poor. However, substitutes are not available for all services, and mitigation can be prohibitively expensive beyond the threshold of collapse, and substitutes can have other negative environmental impacts. On the other hand, poor populations suffer more, and land and ecosystem degradation are sometimes principle factors contributing to rural poverty (World Bank, 2005). The pattern of winners and losers in ecosystem change, particularly for those most vulnerable and those most poorly equipped to cope with the major changes in ecosystem services, such as the rural poor, women, indigenous populations, etc., is not normally considered in management decisions. The reliance of the rural poor on “free” ecosystem services, such as soil fertility, harvesting of NTFPs, are rarely measured and thus not reflected in national statistics, but for certain societies, these benefits can be substantial.

*Ecosystem resilience:* Ecosystems have a large capacity to absorb impacts and abuse, and the impacts of degradation may not be readily apparent. However, once a threshold is crossed, the systems change to a very different state. This change can occur quickly, it can be extensive and large in magnitude, and it can be difficult, expensive, or impossible to reverse. Thus, degradation of ecosystem processes may be slow to be observed, or the impacts may be experienced at some distance from the source of damage. For example, it takes decades for the full impacts of phosphorus loading to become apparent through erosion, eutrophication, etc. Similarly, it takes centuries for loss of soil organic carbon to become apparent through climate change.

This delayed reaction in ecosystem degradation is increasing the likelihood of nonlinear, potentially irreversible, global change with important implications for human welfare, e.g climate change. One of the major driving forces causing nonlinear change is the loss of biodiversity, including soil biodiversity. This is because the soil is a living body, maintained through the ecological interactions and balance of its biological constituents, and the loss of genetic diversity in the soil decreases the resilience of this ecosystem<sup>14</sup>. The loss of resilience is also caused by the continued, direct impacts of multiple drivers, such as over-harvesting, nutrient loads, climate change, etc. Our capacity to identify and predict such changes and the thresholds when they occur are still very imperfect.

*The value of ecosystem services and natural capital:* Natural capital consists of natural resources, ecosystem resources, and land. These resources are assets that yield goods and services over time that are essential to the sustained health of our environment and the economy. Protection and enhancement of natural capital will sustain food production, improve water quality, increase recreational opportunities, mitigate flooding, decrease net greenhouse gas emissions, improve air quality, provide habitat, and produce many more tangible and intangible benefits to society. The degradation of ecosystem services represents a loss of capital assets. Many ecosystem services are available freely, and degradation is not reflected in standard economic value systems. Non-market values of ecosystem services are often allowed to degrade, because resource management decisions are mostly influenced by those ecosystem services that enter the market system.

---

<sup>14</sup> Resilience is the disturbance that a system can absorb without crossing a threshold to a different structure and functions.

Agriculture is often the cause of ecosystem degradation. For example, damage from agriculture in the UK to water sources, air quality, off-site soil erosion, and biodiversity was \$2.6 billion, or 9% of gross farm receipts. In addition, reduced value of waterfront and recreational uses, water treatment costs, tourism, etc. was estimated at \$100 – 150 M per year, with additional \$77 M per year in mitigation costs (UNEP, 2005).

The value of protecting or rehabilitating natural capital often exceeds by several fold its use in production<sup>15</sup>. For example, in Canada, the estimated net value of conserving or restoring natural areas is about \$195/ha/yr in the Grand River Watershed of Ontario, about \$65/ha/yr in the Upper Assiniboine River Basin in eastern Saskatchewan and western Manitoba, and about \$126/ha/yr in the Mill River Watershed in P.E.I. (Oliweler, 2004). In the Catskill Mountains, New York, an investment of \$1 to 1.5 billion to restore ecosystem functions in watersheds for New York City, resulted in a saving of \$6 to 8 billion in water treatment plants (Chichilniski and Heald, 1998). The annual environmental value of C sequestration in the U.S. Great Plains is estimated at US\$200, four times as great as the net private returns to farmers for meat, wool, and milk, and about half the market value of the land (Pretty, et al. 2001). In New Zealand, the value of extra organic matter gained through C sequestration is estimated at \$16.50 to \$91.50 ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. The environmental services of sequestering C and N to mitigate air and water pollution is 42 to 73 times higher than the lost agricultural production value due to land degradation (Sparling, et al. 2006).

---

<sup>15</sup> Overall, land degradation probably affects more than 2.6 billion people in more than 100 countries. The economic cost is generally estimated to range between 1 and 9 percent of agricultural (cropping) gross domestic product (GDP) in selected countries in Africa, resulting in an annual cost of approximately \$10 - 90 billion (Requier-Desjardins and Bied-Charreton, 2006).





## MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS – PANORAMA BRASIL

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado<sup>(1)</sup>, Beáta Eموke Madari<sup>(1)</sup> & Luiz Carlos Balbino<sup>(2)</sup>

(1) Pesquisador Embrapa Arroz e Feijão, Rod. GO-462, km 12, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000; (2) Supervisor Embrapa Transferencia de Tecnologia PqEB - Av. W3 Norte (final) Brasília, DF, CEP 70770-901.

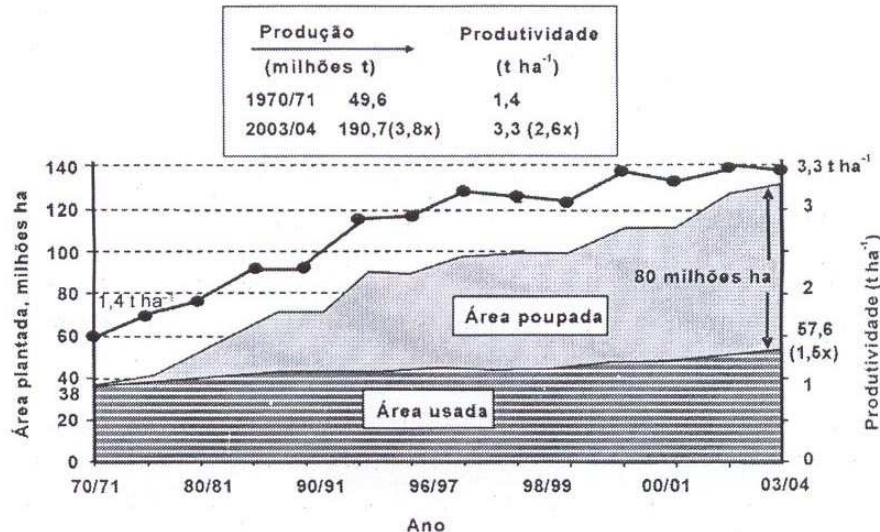
### BREVE HISTÓRICO

No Brasil, apesar dos sucessivos decretos e cartas régias do governo colonial iniciadas em 1713 com o objetivo pôr fim ao indiscriminado desmatamento por meio do fogo que facilitava a busca de ouro e prata ou a implantação da agricultura, a devastação não foi interrompida e, em 1791-1792, houve a lendária *grande seca* da Bahia ao Ceará (Cunha, 2001). O ano de 1824 foi, talvez, o ano da primeira grande constatação de problema de conservação do solo no Brasil com sérias conseqüências para a população rural e urbana, particularmente para a então capital do país. Foi nesse ano que se registrou a primeira grande seca na cidade do Rio de Janeiro (Silva et al., 2008). O uso agrícola para produção de café continuou sem atenção para a conservação do solo e água, resultando em deslizamentos de encostas e assoreamento de rios. Em 1844, após outra grande seca, iniciaram-se as ações de conservação e restauração nas bacias dos Rios Carioca e Maracanã propostas pelo Ministro Almeida Torres. Entre 1861 e 1873, Major Manuel Gomes Archer foi o grande responsável pelas ações de recuperação das áreas degradadas e a proteção de mananciais com a revegetação do Corcovado, Silvestre e Paineiras, que resultaram no abastecimento de chafarizes da Carioca. A cidade do Rio de Janeiro, atualmente, apesar de ainda apresentar problemas quanto ao uso do solo, possui a Floresta da Tijuca, rica em biodiversidade com cerca de 30 mil km<sup>2</sup>. A situação acima descrita exemplifica o histórico conflito entre o uso do solo para a agricultura e serviços ambientais. A prática agrícola sem considerar a conservação do solo e água gera graves conseqüências na qualidade de vida.

### RELEVÂNCIA DA AGRICULTURA ATUAL PARA A ECONOMIA DOMÉSTICA

Dois séculos mais tarde a agricultura, especialmente o agronegócio, vem tendo relevante participação no produto interno bruto (PIB) nacional e, no período entre 2000 e 2007, os valores do PIB do agronegócio ficaram na faixa de R\$2,2 – 2,5 trilhões, ou seja, com participação entre 22,8 e 28,8% do PIB nacional (CEPEA, 2008). Dadas as perspectivas de aumento da participação desse setor no PIB nacional para os próximos anos, especialmente pela maior produção de energia de biomassa e pela necessidade da produção de alimentos e fibras para uma população mundial crescente, aumenta a preocupação com o incremento da capacidade de intervenções antrópicas em causar degradação do ecossistema.

A área plantada com lavouras temporárias (ex. soja, milho, feijão, arroz) totalizam 46,7 milhões de hectares (CONAB, 2008). Entretanto, a principal ocupação do solo é a pecuária com 21% do território brasileiro. Dos quase 185 milhões de hectares sob pastagem, cerca de 100 milhões de hectares são de pastagens plantadas. Segundo o Ministério do Desenvolvimento Agrário, a agricultura familiar, definida como aquela cuja renda bruta anual não ultrapassa R\$110.000,00 e não pode possuir mais de dois empregados registrados, é responsável por 70% da produção de feijão e mais de 50% da produção de trigo. A agricultura empresarial, por sua vez, é responsável por 70% da produção de bovinos, arroz e soja e 51% da produção de milho. O acréscimo na produtividade média das culturas alcançado no período de 1970 a 2004 resultou em uma economia de cerca de 80 milhões de hectares de florestas nativas, ou seja, se estivéssemos produzindo atualmente 190,7 milhões de toneladas com as produtividades de 1970 (1,4 t ha<sup>-1</sup>), haveria necessidade de abrir ou desmatar mais 80 milhões de hectares para incorporar ao processo produtivo da agricultura (Figura 1). O aumento da produção nesse período são decorrentes da disponibilidade de crédito, do incremento de produtividade na maioria dos cultivos pela adoção de variedades mais produtivas, de sementes de qualidade, desenvolvimento da fixação simbiótica do nitrogênio, pesticidas específicos e pelo uso de adubos corretivos e fertilizantes, apesar desse último estar ainda abaixo do desejável (Alves et al., 2005; Gasques et al., 2007; Lopes & Guilherme, 2007).



**Figura 1.** Economia de uso de área agrícola no Brasil no período de 1970-1998, em função do acréscimo da produtividade média das culturas (Lopes & Guilherme, 2007)

Questiona-se, contudo, se o conjunto de tecnologias atualmente em uso pela maioria dos produtores envolve práticas conservacionistas pois, na agropecuária, a erosão hídrica e as atividades que contribuem para o aumento da perda de solo ainda são as principais causas de degradação ambiental no Brasil (Hernani et al., 2002). Pode-se definir conservação do solo como uma combinação de todos os procedimentos de uso e manejo do solo que resultem na sua proteção contra a deterioração por fatores naturais ou antrópicos. Atualmente, as ações de conservação do solo e da água remetem o ecossistema agrícola a ser não apenas um provedor de alimentos e fibras para gerar, de modo sustentável, renda ao produtor e segurança alimentar, mas também ser um provedor de serviços ambientais (EGs).

### AGRICULTURA BRASILEIRA, CONSERVAÇÃO DE SOLOS E SERVIÇOS AMBIENTAIS

Se considerarmos o ecossistema como um conjunto dinâmico de comunidades vegetais, animais e microrganismos, e o ambiente interagindo como uma unidade funcional, serviços ambientais são os benefícios que a sociedade como um todo pode obter do ecossistema (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Cabe destacar que a definição de serviços ambientais é um dos temas mais relevantes das negociações internacionais e um estudo do Programa da ONU para Comercio e Desenvolvimento (UNCTAD) constatou que o tamanho do atual mercado de EGs é de aproximadamente US\$550 bilhões (Oliva & Miranda, 2008).

As causas para as recentes restrições a produtos agrícolas brasileiros por parte da União Européia podem ser devido à pressão de consumidores por alimentos produzidos em condições socialmente justas, menos impactantes ou que tenham efeito benigno ao ambiente, mas há situações de protecionismo para proteger produtores europeus de uma competição indesejável (Nepstad et al., 2006). Mais recentemente, a Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento, instituição que reúne países industrializados, afirmou que as negociações de bens e serviços ambientais são essenciais para a proteção do meio ambiente (OECD Policy Brief, 2005). Além de alimentos, água, madeira e fibra, o sistema de produção pode gerar *serviços ambientais reguladores* que afetam o clima, inundações e qualidade da água e *serviços culturais* que oferecem benefícios estéticos e de recreação. Finalmente, há os *serviços de apoio*, que consistem na formação do solo, na fotossíntese e na ciclagem de nutrientes.

Há no Brasil práticas agrícolas que, se considerarem todas as práticas conservacionistas, podem oferecer os diversos serviços ambientais acima descritos:

1. Sistema Plantio Direto Contínuo na Palha (SPD): trata-se do procedimento mais eficiente e eficaz de produzir alimentos, especialmente grãos, com simultânea conservação do solo e da água (Machado & Freitas, 2004; Bolliger et al., 2006). A ausência de duas operações de preparo do solo resulta em economia de combustível e menor risco na produção. A presença da palha na superfície do solo mantém o solo úmido por períodos mais longos, resultando em economia de



- água e de energia para bombeamento na irrigação. Em áreas com terraços em nível, a superfície do solo protegida pela cobertura morta proporciona maior infiltração de água (Resck, 2001; Sobrinho et al., 2003) oferecendo recarga de aquíferos e economia no tratamento de água das cidades pela menor sedimentação de rios. O SPD proporciona menor emissão de gases de efeito estufa que sistemas sob aração e gradagens, pois possibilita maior acúmulo de matéria orgânica protegida em agregados do solo (Madari et al., 2005) e a manutenção dos agregados intactos ou livres da ação do arado ou grade-aradora evita que aproximadamente 1,87 kg C-CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> sejam emitidos para a atmosfera num período de até 1 hora (Barreto et al., 2008). Como comparação, um automóvel a gasolina emite 2,28 kg C-CO<sub>2</sub> por litro de combustível. Estima-se que até 2012 o mercado de carbono movimentará US\$1,2 bilhão no Brasil;
2. Sistema Integração Lavoura-Pecuária em Plantio Direto (SILP): aperfeiçoamento do sistema anterior pela inclusão da pecuária de corte ou leiteira integrada à produção de grãos. Esse sistema tem sido bastante adequado para o bioma Cerrado que, apesar de produtores nesse bioma terem carência de plantas de cobertura adequadas para a produção de palha, a gramínea forrageira braquiária tem possibilitado produção animal a pasto na entressafra do inverno seco e cobertura morta para o cultivo de grãos no verão úmido. Além dos benefícios descritos para o SPD, gera menos gás de efeito estufa (gás metano) por quilograma de carne ou leite produzido (Primavesi et al, 2007);
  3. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Plantio Direto (SILPF): sistema de produção mais complexo que propicia a produção de alimento e energia por envolver grãos, carne ou leite e madeira (móveis/papel) ou carvão. Isto porque, além do eucalipto, há possibilidades para uso de teca (*Tectona grandis*), bracatinga (*Mimosa scabrella*, Benth) e acácia (*Acacia mangium*). A combinação da adoção do plantio de florestas em SILP ou apenas a uma lavoura em SPD pode promover a umidificação do ar e contribuir para a formação de chuvas e amenização do calor (Sampaio et al., 2007; Primavesi et al., 2007).

Essas diferentes formas de produção, particularmente SILP e SILPF, embora ainda demandem pesquisas científicas para o melhor arranjo de culturas comerciais com plantas de cobertura e espécies arbóreas para diferentes biomas brasileiros, além de treinamento de produtores para se familiarizarem com o complexo esquema de rotação, já vêm sendo adotadas por produtores em várias regiões do Brasil.

É preocupante, porém, constatar que a conservação do solo e da água, fundamental para o ecossistema agrícola oferecer serviços ambientais, não tenha ainda ampla adoção por parte dos produtores rurais. São vários os motivos. Acredita-se que pelo fato de ser de difícil percepção pelo produtor como essencial para o sucesso do empreendimento, as práticas conservacionistas, mesmo adotadas, correm o risco de serem esquecidas. A conscientização dos problemas da falta de conservação do solo e da transferência de tecnologias são ainda problemáticas no Brasil. Segundo Olinger (1997) e Cogo (2004), não apenas o ensino, mas também a assistência técnica e extensão rural em conservação do solo se fragilizaram e perderam espaço nos últimos anos. Ademais, documentos recentes de informação ou recomendação técnica para importantes lavouras temporárias contêm pouca informação sobre como executar um planejamento conservacionista. Há orientação para o sistema plantio direto apenas (Saraiva et al., 2006; Silva & Del Peloso, 2006).

Têm sido freqüentes os relatos de áreas sob plantio direto nas quais os terraços foram eliminados e a semeadura feita no sentido do declive do terreno, acreditando-se que a grande quantidade de palha que cobre a superfície do solo seja suficiente para combater a erosão hídrica (Van Raij, 2008). Além disso, estradas rurais apresentam problemas de adequação aos sistemas conservacionistas das lavouras e se constituem em fator desencadeador ou agravador dos problemas com erosão (Moraes et al., 2004). Para se ter uma idéia da magnitude desse problema, o sistema rodoviário nacional é composto por 1.724.929 km de estradas públicas e estima-se que, aproximadamente, 90% dessas vias apresentam-se sem revestimento ou com revestimento primário. Grande parte dessas vias é mantida e conservada por municípios e, na estação chuvosa, o fluxo superficial das águas pelas estradas, sem nenhum controle, tem provocado o surgimento de voçorocas laterais ao leito delas (Griebler et al., 2005; Oliveira, 2005).

Quanto à legislação ambiental e o uso do solo, depara-se com problemas de desatualização das leis (Freitas et al., 2004) ou de carência de regras consistentes de condicionamento ambiental do uso do solo



(Souza, 2004). Todavia, mesmo com o aperfeiçoamento da legislação ambiental já foi relatado que o Brasil tem tradição na difícil aplicação das leis.

## AÇÕES PARA A ADOÇÃO DA CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CONTEXTO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Qual caminho tomar para que haja abrangente adoção de práticas conservacionistas do solo? Conforme exposto por Hammes & Ferraz (2002), como associar o uso agrícola do solo para a produção de alimentos e matéria prima para atender demandas de mercado com a incorporação de práticas conservacionistas e questões sociais? Ademais, recentemente, foi alertado sobre a necessidade da comunidade científica ligada ao manejo e conservação do solo de se fazer mais conhecida e valorizada pela sociedade (Cogo, 2004).

Ocorre que a conservação do solo, atualmente, vem sendo inserida num contexto mais amplo do manejo sustentável das terras e há maior ênfase em instrumentos de mercado como os esquemas de certificação (Dumanski, 2006). No início desta década já se constatava que, com a crescente globalização, a capacidade do Estado em influenciar o manejo de recursos naturais vinha diminuindo e que seria necessária a colaboração entre negócios e a ciência ambiental (Daily & Walker, 2000). Neste sentido, considerando-se que os serviços ambientais de ecossistemas agrícolas vêm sendo tema de negociações internacionais, há uma possibilidade de profissionais da conservação do solo atuarem para que empreendimentos rurais adotem práticas conservacionistas no âmbito da oportunidade de mercado. Sabe-se que as certificações sócio-ambientais, ou selos-verdes, estão deixando de ser um diferencial voltado a nichos de mercado para se tornar exigência de mercado, especialmente para *commodities* e biocombustíveis (Conroy, 2007). A certificação ambiental visa atestar o comportamento adequado, do ponto de vista ambiental, de certas atividades sempre tendo em vista determinadas regras estabelecidas por normatizadoras privadas (Viana et al., 2003). No Brasil, já há certificação para produtos agrícolas com menor impacto ambiental fora da categoria dos orgânicos. Algumas redes de supermercados estão treinando fornecedores para que possam adotar normas socioambientais (Nepstad et al., 2006) e o Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC) vem pressionando três grandes redes de supermercados para que a informação sobre a origem da carne bovina venha descrita na embalagem com garantia de não estar contribuindo para o desmatamento da Amazônia Legal (IDEC, 2008). Segundo Conroy (2007), já foram comercializados num ano 4,5 bilhões de euros para um selo de garantia de produção socialmente justa. Os critérios para certificação abrangem a conservação do solo e, apesar de não incluir o uso de plantas de cobertura, elas oferecem oportunidades para aperfeiçoamento dos critérios para certificação. Apesar dos procedimentos para a seleção dos critérios serem, em alguns casos, pouco transparentes, eles poderiam ser aperfeiçoados por meio de regimentos internos já descritos em reuniões de pesquisa para informações técnicas de diferentes culturas no Brasil (CCSBPTT, 2006; Saraiva et al., 2006). Apesar dos questionamentos quanto aos elevados honorários cobrados pelas certificadoras (Viana et al., 2003), constata-se que há espaço para uma efetiva contribuição de especialistas em conservação do solo de ecossistemas agrícolas num contexto de mercado ambientalmente seguro e socialmente justo. Estaria aqui um caminho plausível? A sugestão apresentada aqui não deve ser entendida que o Poder Público não tenha suas responsabilidades na cadeia produtiva. Como exemplo, cabe ao Poder Público implementar e coordenar as ações referentes ao zoneamento agro-ecológico fundamentais para a conservação do solo e água de ecossistemas agrícolas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E., CONTINI, E., HAINZELIN, E. Transformações da agricultura brasileira e pesquisa agropecuária. Cad. Ciencia Tecnol., Brasília, 22: 37-51, 2005.
- BARRETO, R.C. Acumulação de carbono e emissões de gases do efeito estufa em solo sob diferentes tipos de manejo e floresta (Londrina, PR). Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. 84p. 2005.



BOLLIGER, A., MAGID, J., AMADO, T.J.C., SKORA NETO, F., RIBEIRO, M.F.S., CALEGARI, A., RALISCH, R., NEERGAARD, A. Taking stock of the Brazilian “zero-till revolution”: A review of landmark research and farmers’ practice. *Advances in Agronomy*, 91: 47-110. 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Sétimo Levantamento, abril 2008. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo\\_safra.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf) >. Acesso em 16 abr 2008.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB do agronegócio. Disponível em: < [http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Pib\\_Cepea\\_1994\\_2007.xls](http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Pib_Cepea_1994_2007.xls) >. Acesso em 16 abr 2008.

COGO, N.P. XV RBMCSA - Um bom evento, mas continuou faltando a abordagem de temas essenciais da alçada da Ciência do Solo. *Bol. Informativo da Soc. Bras. Ci. do Solo*, 29(2): 10-13, 2004.

CONROY, M. Branded!: How the certification revolution is transforming global corporations. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers. 320p. 2007.

CUNHA, E. Os Sertões – Campanha de Canudos. São Paulo, Ateliê Editorial, 2001, 901p.

CCSBPTT – Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Disponível em: < <http://www.cnpt.embrapa.br/eventos/2006/38rcsbptt/index.html> >. Acesso em 16 abr 2008.

DAILY, G.C., WALKER, B.H. Seeking the great transition. *Nature*, 403: 243-245. 2000

DUMANSKI, J. Changing course – Soil Conservation in a Changing World. *Newsletter of the Eur. Soc. Soil Cons.*, 3: 11-16, 2006

FREITAS, H.R., CARDOSO, I.M., JUCKSCH, I. Legislação ambiental e uso da terra: O caso da Zona da Mata de Minas Gerais. *Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, 29: 22-27, 2004.

GASQUES, J.G., BASTOS, E. T., BACCH, M.R.P. Receita para crescer. *Agroanalysis*. v. 27, 2007. 1p. Disponível em: < [http://www.agroanalysis.com.br/index.php?area=conteudo&mat\\_id=257&from=gestao](http://www.agroanalysis.com.br/index.php?area=conteudo&mat_id=257&from=gestao) >. Acesso em 22 abr 2008.

GRIEBLER, N.P., PRUSKI, F.F., SILVA, J.M.A., RAMOS, M.M., SILVA, D.D. Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não-pavimentadas. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:397-405, 2005.

HAMMES, v.s., FERRAZ, J.M.G. Valores e conscientização da sociedade. In: MANZATTO, C.V., FREITAS JUNIOR, E., PERES, J.R.R. (eds) *Uso agrícola dos solos brasileiros*. 2002. p. 105-119.

HERNANI, L.C., FREITAS, P.L., PRUSKI, F.F., DE MARIA, I.C., CASTRO FILHO, C., LANDERS, J.N. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V., FREITAS JUNIOR, E., PERES, J.R.R. (eds) *Uso agrícola dos solos brasileiros*. 2002. p. 47-60.

IDEC – Instituto de Defesa do Consumidor. Clima e consumo. Disponível em: < <http://www.idec.org.br/climaeconsumo/cartoesVirtuais.html> >. Acesso em 09 de jun 2008.

LATACZ-LOHMANN, U.; HODGE, I. European agri-environmental policy for the 21st century. *The Australian J. Agric. Res. Econ.*, 47: 123 – 139, 2003.



LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. (eds) Fertilidade do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.991-1017, 2007

MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; ANDRADE, A.G. de; VALENCIA, L.I.O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 80: 185-200, 2005

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC., 2005. 155p.

MORAES, O., MENDES, R.B., BUBLITZ, U., LOYOLA, G.P. Adequação de estradas rurais integradas aos sistemas conservacionistas. Curitiba, EMATER, DER, 74p. 2004.

NEPSTAD, D.C., STICKLER, C.M., ALMEIDA, O.T. Globalization of the Amazon soy and beef industries: Opportunities for conservation. *Conservation Biol.*, 20: 1595-1603, 2006.

OECD. Opening markets for environmental goods and services. OECD Policy Brief 2005. 8p.

OLINGER, G. 1996. Ascensão e decadência da extensão rural no Brasil. Florianópolis, EPAGRI. 523p.

OLIVA, F.; MIRANDA, S. Definição de bens e serviços ambientais (Egs) é pauta da Rodada de Doha. Disponível em: < [http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea\\_Internacional\\_out05.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Internacional_out05.pdf) >. Acesso em 16 abr 2008.

OLIVEIRA, M.J.G. Hierarquização para orientar a manutenção de rodovias não-pavimentadas. Tese Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, Universidade de São Paulo. 126p. 2005.

PRIMAVESI, O., ARZABE, C., PEDREIRA, M.S. Mudanças climáticas: Visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais e urbanos. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos 70. 2007. 200p.

RESCK, D.V.S. Uso e ocupação do solo e a crise energética no Brasil. *Bol. Inf. da Soc. Bras. Ci. Solo*, 26, 14-18. 2001.

SAMPAIO, G., NOBRE, C., COSTA, M.H., SATYAMURTY, P., SOARES-FILHO, B.S., CARDOSO, M. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophys. Res. Lett.*, L17709, doi:10.1029/2007GL030612. 2007.

SARAIVA, O.F., CASTRO, C., LEITE, R.M.V.B.C., GROSSKOPF, S.E. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil - Ata da XXVIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Londrina, Embrapa Soja, 2006. 249p. – (Documentos 275, Embrapa Soja)

SILVA, C.C., DEL PELOSO, M.J. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na Região Central-brasileira 2005-2007. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 139p. 2006.

SOBRINHO, T.A., VITORINO, A.C.T., SOUZA, L.C.F., GONÇALVES, M.C., CARVALHO, D.F. Infiltração de água no solo em sistema plantio direto e convencional. *Rev. Bras. de Eng. Agr. e Amb.*, 7: 191-196. 2003.

SOUSA, M.E. Atividade agrícola, legislação ambiental e desenvolvimento sustentável. *Bol. Inf. da Soc. Bras. Ci. Solo*, 29, 28-31. 2004.



**Manejo e conservação do solo e da água  
no contexto das mudanças ambientais**

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

VAN RAIJ, B. Plantio direto e o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <  
<http://www.agrisus.org.br/artigos.asp?cod=4>>. Acesso em 10 abr 2008.

VIANA, E.C., CARVALHO, R.M.M.A., OLIVEIRA, P.R.S., VALVERDE, S.R., SOARES, T.S. Análise técnico-jurídica do licenciamento ambiental e sua interface com a certificação ambiental. Rev. Árvore, 27: 587-595. 2003



## **PLANEJAMENTO DO USO DA TERRA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICO**

Nestor Bragagnolo<sup>1</sup>

(1) Técnico da Coordenadoria de Desenvolvimento Governamental da Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral do Estado do Paraná. Reverendo Paulo Hecke, 267 – Curitiba- Pr- CEP 82200-300. E-mails: [nestor@sepl.pr.gov.br](mailto:nestor@sepl.pr.gov.br), [bbragagnolo@terra.com.br](mailto:bbragagnolo@terra.com.br)

O gerenciamento dos recursos naturais principalmente do solo e água é tarefa que se impõe a todos que se preocupam com o futuro do nosso Planeta. Mais que uma preocupação, significa assegurar qualidade de vida. Sem cuidados básicos, sem antever os desdobramentos no futuro, corremos o risco de perpetuar erros.

Dentro deste enfoque, o planejamento do uso, manejo e conservação do solo e água vem sendo objeto de diferentes metodologias de trabalho em busca de soluções para seu equacionamento. Este tem muitas vezes como referência unidades políticas como: Estados e/ou Municípios, outras vezes, unidades sociológicas como comunidades ou ainda unidades geográficas formadas pela própria natureza que são as microbacias hidrográficas. Porém, consta-se que a microbacia por conhecimento científico e por resultados obtidos através de projetos de recuperação e conservação dos recursos naturais é a unidade de estudo funcional da paisagem que mais favorece a se ajusta aos objetivos do planejamento ambiental e execução de ações. Por outro lado, quando se trabalha com esta unidade, os resultados são mais rápidos e evidentes, pois há maior visualização dos problemas e participação da comunidade e do município na solução e equacionamento das questões ambientais.

Esta apresentação tem por propósito relatar as principais lições e resultados destas experiências desenvolvidas na região sul do Brasil (São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) que tiveram o apoio financeiro do Banco Mundial e técnico da FAO.

A implementação destes Projetos permitiu identificar os principais aspectos positivos, aos quais se atribuem parcela do sucesso alcançado. Como forma de contribuição às novas iniciativas, relacionamos a seguir um conjunto de pontos considerados estratégicos: definição da microbacia hidrográfica como unidade de trabalho, utilização do diagnóstico e planejamento da microbacia e propriedade, respeito à aptidão do solo, implementação descentralizada e participativa dos projetos, transferência de tecnologias apropriadas, adequação tecnológica as diversas categorias de produtores, uniformização de conceitos, incentivos financeiros, utilização de instrumentos legais e adequada estrutura de assistência técnica pública e privada

Dentro deste contexto, em cada microbacia e propriedade foram realizados levantamentos que apontavam a capacidade de uso de sua terra. Estes projetos tiveram uma proposta singular, introduzindo novos conceitos, com implementação de ações e práticas de uso, manejo e conservação do solo e água de forma planejada e integrada em nível de propriedade e de microbacia. Por outro lado, buscou-se a integração de instituições públicas e privadas envolvendo as comunidades em todas as fases dos trabalhos. Além disso, adotou-se um conjunto de práticas passíveis de utilização para cada nível tecnológico de produtor. Este rol de tecnologias disponíveis e recomendadas foram previamente compiladas e disponibilizadas para serem implantadas de acordo com as condições sócio-econômicas de cada produtor ou de sua comunidade.

Dentro desta lógica, nestes estados, foram implementadas ações por estes projetos em ao redor de 5.500 microbacias, envolvendo uma área de 14 milhões de ha e 500.000 produtores alcançando estes resultados expressivos relativos a impactos sociais, econômicos e ambientais.

Entre estes podemos destacar: os impactos ambientais representados pela oferta de melhor qualidade de água em 16 mananciais de abastecimento urbano monitorados no Estado do Paraná cujo índice de turbidez foi reduzido em 49,3%, baixando o custo do tratamento de água para as populações urbanas em até 72%.

Impacto econômicos como obtidos em Santa Catarina com aumento da produtividade nos cultivos de milho 47%, soja 83% e cebola 84% nas microbacias trabalhadas. A adequação das estradas rurais, de um modo integrado às práticas de manejo e conservação do solo e água nas propriedades, propiciou melhor





## Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

controle da erosão bem como reduziu drasticamente as necessidades e custos de manutenção das mesmas em torno de 50% e 80% sobre o que era gasto anteriormente no Estado do Paraná e Santa Catarina respectivamente.

No caso específico dos impactos sociais se pode destacar no Paraná o aumento do tamanho médio das casas em 15 m<sup>2</sup>, aumento de refrigeradores em 15,5%, de fogões a gás em 9,7%, além do aumento no número de tratores em 10,2% e no número de implementos agrícolas.

Alcançando e superando seus próprios objetivos estes Projetos figuram hoje entre os melhores apoiados pelo Banco Mundial em todo o Mundo. Desta forma, analisando os resultados obtidos, entendemos que é importante difundir esta experiência como mais uma contribuição àqueles que, por este imenso país, se preocupam em formular políticas e implantar alternativas de uso, manejo e conservação de solo e água.

**Palavras-chave:** gestão uso solo, lições , resultados.

# PROCESSOS EROSIVOS E AÇÕES MITIGADORAS: O GRANDE DESAFIO DO CIENTISTA DE SOLO NA PROTEÇÃO DO PLANETA

Neroli Pedro Cogo<sup>(1)</sup>

(1) Professor e pesquisador, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); bolsista do CNPq; Caixa Postal 15.100, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS; e-mail: [neroli@ufrgs.br](mailto:neroli@ufrgs.br) (palestrante)

**RESUMO:** Quando, em 1944, descobriu-se que a principal causa da erosão hídrica pluvial do solo era a ação de impacto das gotas da chuva na sua superfície e não a ação cisalhante da enxurrada, como até então se pensava, acreditou-se que a era ameaçadora do fenômeno no Mundo havia terminado e uma nova era, promissora quanto ao seu controle, havia começado. Essa descoberta mostrou porque, historicamente, o homem sempre havia sido derrotado na sua luta contra essa classe de erosão. Entretanto, não aconteceu o que se esperava. Os solos do Mundo continuaram sendo castigados por esse fenômeno. Razões fortes para isso foram e continuam sendo a incapacidade, a falta de consciência e/ou a não disposição do homem de dar mais valor e estabelecer boa relação com a terra, o despreparo, o desconhecimento e/ou a desatenção no assunto de grande parte dos que se ocupam com a agricultura, a agronomia e a ciência do solo e o cumprimento não satisfatório de suas funções da maioria das instituições de ensino, pesquisa e extensão, entidades de classe e sociedades científicas afins. Isto é o que precisa ser (re)conhecido, aceito e, sobretudo, sobreposto para se lograr êxito quanto às intenções de mitigação dos processos erosivos do solo, no Brasil e no Mundo, e também o que será enfatizado nesta palestra.

## INTRODUÇÃO

### Convite à reflexão - importância de se seguir uma ideologia e ter uma identidade, próprias

- *“Se minha Pátria está certa ou errada pouco importa, o certo é que eu sempre vou lutar por ela”* (de um brado de luta em um filme, relativo à defesa de uma ideologia de povo e obtenção de uma identidade de Pátria para ele).

### Chamamento - as atitudes humanas e a ciência, como elas devem ser

Por: Neroli Pedro Cogo

Deus criou o Universo,  
e tudo o que nele existe.  
Mas um dia começou a ficar triste,  
com os homens aqui da Terra.  
Que ao invés de paz, faziam guerra,  
e exorbitavam em irregularidades.  
Desde o campo até a cidade,  
amoitavam-se em articulações.  
Esquecendo suas obrigações,  
de respeito para com a igualdade.

E a coisa ia assim, solta-de-patas,  
sem fronteira e sem limite.  
Até que um dia Ele teve um palpite,  
e tomou uma decisão graúda.  
Antes que a terra ficasse muda,  
de maus-tratos e agressividade,

Ele usou firme sua autoridade,  
e puxou o pala e o chapéu p'ro colo.  
Dizendo: - *essas atitudes eu deploro,*  
*e as registro em minha caderneta.*  
E para guardião do Planeta,  
Ele criou o Cientista de Solo.

Mas para que se cumpra a função,  
com honra e dignidade.  
Com respeito e com lealdade,  
que ao cientista cabe clamar.  
É preciso, sem mais pestanejar,  
que mudemos nossa consciência.  
Que busquemos a rica essência,  
de fazer pesquisa juntos, dirigida.  
E que empunhemos alta, destemida,  
a bandeira livre e impoluta da Ciência.

## A FUNDAMENTAÇÃO, O DESAFIO, O TUDO

Quando, em 1944, o pesquisador americano W. D. Ellison descobriu que a principal causa da erosão hídrica pluvial do solo era exatamente a ação de impacto das gotas da chuva na sua superfície e não a ação cisalhante da enxurrada, como até então se pensava, acreditou-se que a era ameaçadora do fenômeno no Mundo havia terminado e uma nova era, promissora quanto ao seu controle, havia começado. Essa descoberta mostrou porque, durante os primeiros 7.000 anos de história da civilização, o homem sempre havia sido derrotado na sua luta contra essa classe de erosão; a real causa do fenômeno, pois, finalmente havia se tornado conhecida. Um pouco mais tarde, em 1947, em experimentos de laboratório, o mesmo pesquisador comprovou que diferentes solos comportaram-se de modo distintamente diferente em cada uma das fases básicas do processo erosivo (desagregação, transporte e deposição); subsídios adicionais importantíssimos para se melhorar o controle da erosão hídrica estavam, pois, disponíveis. Entretanto, não aconteceu o que se esperava. Os solos do Mundo continuaram sendo castigados por esse fenômeno (no Brasil em alta intensidade), com todas as suas conseqüências negativas, tais como a redução da sua capacidade produtiva para o crescimento de plantas, o assoreamento de valas, canais, bacias de contenção e fontes superficiais de água e a poluição destas últimas, com reflexos fortes na qualidade do ambiente e das vidas humana e animal. A nosso ver, razões fortes para isso foram e continuam sendo a incapacidade, falta de consciência e/ou não disposição do homem de dar mais valor e estabelecer boa relação com a terra; o despreparo, desconhecimento e/ou desatenção no assunto de grande parte dos que se ocupam com a agricultura, a agronomia e a ciência do solo e o cumprimento não satisfatório de suas funções da maioria das instituições de ensino, pesquisa e extensão, entidades de classe e sociedades científicas afins. Em tese, isto é o que precisa ser (re)conhecido, aceito e, sobretudo, sobreposto para se lograr êxito quanto às intenções de mitigação dos processos erosivos do solo, no Brasil e no Mundo. E isto pode muito bem ser conseguido, adianta-se, para o bem-estar e a felicidade geral de todos (indiscutivelmente também do nosso Planeta). Entretanto, vai depender de nós. Da nossa disposição em querer ou não fazer mudanças (por oportuno, achamos interessante trazer à baila a instigação *“querer é poder; a palavra impossível só se encontra no dicionário dos fracos”*, feita por não sei quem). Assim, convido todos a participar da apresentação oral desta palestra, para, em conjunto, estabelecermos uma meta e elaborarmos um plano para alcançá-la, no que tange à conservação do solo e da água no Brasil (este país e o seu povo constituem uma verdadeira obra-prima do Criador; resta, pois, nos darmos conta disso e agir de acordo), tendo em vista que, se tivermos um traçado a seguir e um ponto a alcançar, e *“se não mudarmos nossa direção, provavelmente iremos terminar aonde pretendíamos chegar”* (da sabedoria chinesa). E penso que, todos, sem exceção, queremos chegar a um ponto, no Brasil e no Mundo, onde o solo e a água sejam mais bem tratados, para garantir a sua conservação, para garantir a conservação do nosso Planeta e da nossa própria espécie. Nessa ocasião, quero também lhes perguntar sobre a real possibilidade de o homem, principalmente nos dias atuais (população humana aumentando cada dia mais e os solos do Planeta diminuindo, tanto em quantidade quanto em qualidade), usar a terra para produzir o seu sustento e descartar os seus resíduos mantendo nela o equilíbrio, especialmente quando se pára para pensar sobre o que diz Marcus Aurelius Antonius (imperador adotivo romano) nesta sua significativa mensagem: *“acostume-se a pensar que não há nada que a Mãe Natureza goste mais do que mudar as formas existentes e fazer outras iguais a elas”*. Então, venham, e vamos juntos discutir formas de fazer isso. Nesta mesma direção, quero também discutir a procedência de que seja requerido de nós o aprendizado de vários idiomas estrangeiros, para publicar nossos achados científicos no exterior, sem que seja requerido o aprendizado do nosso próprio idioma (ele está crítico, diga-se de passagem, especialmente em se tratando de indivíduos com formação de nível superior, notadamente os com cursos de pós-graduação) e, de modo muito em particular, o aprendizado do idioma da terra (este deveria ser o idioma universal, e não qualquer outro), principalmente quando Brady e Weil (autores de livro sobre solos) nos chamam a atenção para o fato de que, *“se tomarmos o tempo para aprender a linguagem da terra, o solo irá falar para nós”*. Assim, venham, e vamos juntos analisar também esta situação. Em adição, quero discutir com vocês, atuais e futuros professores, pesquisadores, assistentes técnicos e extensionistas ligados à ciência do solo, principalmente os que estão atuando e, eventualmente, irão atuar na grande área de manejo e conservação do solo e da água, se, realmente, estamos ensinando bem os assuntos que nos competem e, acima de tudo, que nos propusemos a ensinar, para o aluno, para o técnico de campo, para o agricultor, para a sociedade ou para o governo, enfim, para quem quer que seja, tendo em vista que, como foi muito bem dito por Babe Dioum (agente conservacionista africano), *“porque ao final só iremos conservar o que nós amamos; só*

*iremos amar o que nós compreendemos, e só iremos compreender o que nos é ensinado*". Desta forma, venham e vamos também discutir isto, em conjunto, para que o solo e a água, no Brasil e no Mundo, efetivamente possam ser conservados. Completando este anúncio do que irei abordar na apresentação oral desta palestra, informo que, além de motivadora, ela vai ser instigadora, para que provoque discussão, para que efetivamente (faz-de-conta, há muito vem sendo feito, em todos os lugares e em todas as instâncias) se tente encontrar solução para os problemas de conservação do solo e da água no Brasil. Para encerrar este documento, e também tendo muito a ver com o assunto em pauta, resta dizer que uma realidade forte no mundo atual, que também requer mudança, é que muitos têm pouco solo e poucos têm muito dele (quantitativamente falando). Entretanto, independentemente da quantia de solo que um tenha ou venha a ter (pode ser até só o pátio e/ou o jardim da sua atual ou futura casa) e da finalidade de seu uso (pode ser até só para jogar sua bola e/ou plantar suas flores), é essencial que não se deixe de ter em mente o importante recado deixado por Alberto Gallinal (conceituado e laureado advogado, político e produtor rural uruguaio), nesta sua bela e expressiva mensagem: *"se você tem pouco solo, faça-o crescer; se você tem muito, cresça você mesmo para merecê-lo"*. Obrigado por sua atenção e temos um encontro marcado às 14hs00min do dia 11 de agosto de 2008, na Sessão Técnica 2 - Processos Erosivos e Ações Mitigadoras, na XVII RBMCSA, quando então poderemos discutir isto tudo, com calma e serenidade, na apresentação oral desta palestra. Enfatiza-se que o assunto em pauta trata de uma questão de profissionalismo e, até, de sobrevivência da agronomia e da ciência do solo no Brasil e, como não poderia deixar de ser, de patriotismo, de amor profundo irrestrito e incondicional. Viva a agronomia, a ciência do solo e o Brasil!

Porto Alegre, aos doze dias do mês de junho (Dia dos Namorados – neste dia elegi como minha namorada a Mãe Terra e presenteei-a com juras de amor eterno irrestrito e incondicional) do ano de dois mil e oito.

Neroli Pedro Cogo



## Mudanças ambientais: seqüestro de carbono, gases de efeito estufa e educação ambiental

**Segundo Urquiaga<sup>(1)</sup>, Bruno J. R. Alves<sup>(1)</sup>, Claudia P. Jantalia<sup>(1)</sup>, Luis H. B. Soares<sup>(1)</sup>,  
Robert M. Boddey<sup>(1)</sup>**

<sup>(1)</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA-Agrobiologia. Cx. Postal 74.505, CEP 23.890-000, Seropédica, RJ, Brasil. Tel. ++55-21-2682-1500. Fax ++55-21-2682-1230

E-mail: [urquiaga@cnpab.embrapa.br](mailto:urquiaga@cnpab.embrapa.br)

**Palavras-chave:** sistemas agrícolas, fixação biológica de nitrogênio, manejo de solos, degradação de solos, aquecimento global, sustentabilidade.

### Introdução

Agricultura é a arte da produção de alimentos com mínima perturbação do meio ambiente. Esta é a regra essencial que rege as ciências agrônomicas, e pela qual juramos, os agrônomos, por ocasião da obtenção do título profissional. Mas por muito tempo, aliás desde quase toda a história da humanidade, o homem antigo e o moderno têm considerado os recursos naturais – incluindo o solo, suporte essencial da produção de alimentos agrícolas – como infinitos, desperdiçando seus valores e terminando na sua degradação, e na série de problemas ambientais que se refletem através do aquecimento global.

Dentre os fatores agrícolas que mais influenciam a produção de alimentos estão o solo e a água. Existe uma grande diversidade de solos, mas em todos estes a característica da fertilidade natural tem estado muito relacionada com a sua capacidade potencial de produção. Hoje em dia, ainda pode-se dizer que o desenvolvimento dos povos está diretamente relacionado com o grau de riqueza de seus solos e a disponibilidade de água. Considera-se como certeza o fato que não existem povos desenvolvidos em solos pobres; mas aceitar inteiramente esta generalização é desprezar a tecnologia que nos permite não apenas otimizar os fatores mais favoráveis, senão também controlar o impacto negativo dos fatores limitantes. Um bom exemplo disto são os solos do Cerrado, que não obstante serem naturalmente muito pobres, com adequado manejo constituem, hoje em dia, a mais importante fronteira agrícola do mundo, tendo em conta que no mundo globalizado de hoje, grande parte dos bens agrícolas produzidos no Cerrado é distribuído através do comércio internacional. Para o Brasil a importância do Cerrado na produção de grãos, no último ano, se expressa por contribuir com 34% da produção anual em apenas 30,5% da área cultivada ([www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br), acesso em 18/04/2008).

A seguir, atendendo ao pedido da comissão organizadora da XVII RBMCSA, apresenta-se de maneira resumida uma análise crítica de alguns dos principais fatores relacionados com o sequestro de carbono e emissão de gases de efeito estufa pelo solo como resultado do impacto de práticas de manejo do recurso solo, dentro do contexto da preservação ambiental, sem deixar de considerar o componente educacional que, no nosso entender, muito tem a ver com a formação de recursos humanos para alcançar a tão desejada sustentabilidade agrícola.

### A agricultura e as mudanças climáticas

A partir do estabelecimento de uma atividade agrícola, o que é considerado como um dos principais passos do homem para o desenvolvimento da humanidade, a produção de alimentos basou-se na exploração de terras férteis. Entretanto, estas áreas tornaram-se cada vez mais escassas e esta ocupação baseou-se no desmatamento total. Com o desenvolvimento de processos tecnológicos, ocorrendo com maior intensidade nos últimos 50 anos, destacam-se tecnologias como o melhoramento genético e o uso de fertilizantes, que promoveram a conhecida “Revolução verde” (Matson et al., 1997). Em todo este processo pouca atenção foi dada à proteção do meio ambiente.

Em virtude do desenvolvimento tecnológico na agricultura, no final dos anos 60 do século passado, quando se considerava que a fronteira agrícola do mundo tinha chegado praticamente ao seu fim, na América do Sul se descobre que os solos do Bioma Cerrados, localizados na parte central de Brasil, tinham



amplas possibilidades de serem incorporados à agricultura. Abriu-se a possibilidade de uma nova fronteira agrícola, com o potencial de ser expandida para mais de 200 Mha, na sua maioria em Latossolos. Hoje em dia isso é uma realidade graças a resultados relevantes de inúmeros trabalhos de pesquisa em manejo de solos (calagem, fertilização, etc.) e culturas (seleção de variedades, etc.), sendo que mais recentemente foram sendo também incluídos os sistemas de preparo do solo conservacionistas (plantio direto) (Alves et al., 2006). Tudo isso, na prática, significa uma extensão da revolução verde, e uma demonstração de que a fertilidade natural dos solos não é mais essencial para o desenvolvimento agrícola e sim a tecnologia de manejo dos solos, criando-se fertilidade em solos cuja limitação era justamente a pobreza em nutrientes.

Ao que tudo indica, o grande erro que o homem cometeu foi considerar as terras agrícolas férteis como ilimitadas, como se os nutrientes contidos nos solos não fossem finitos. Hoje em dia, ainda nos países pobres e mesmo em países com bom desenvolvimento como o Brasil, onde grande parte dos alimentos que se consome diariamente é derivada da agricultura familiar, a produção de alimentos está baseada na exploração do baixo conteúdo dos nutrientes do solo, com nula ou mínima reposição através da fertilização. Isso contribui para degradação do recurso solo e do meio ambiente como um todo. Por isso, chama muita a atenção que algumas pessoas sem adequado conhecimento ou preparação técnica não conseguem entender que a maioria dos solos tropicais, pobres em nutrientes por natureza, somente conseguirá ser produtivo se levarmos em consideração a reposição de nutrientes através da adubação (de qualquer natureza). De todos os nutrientes, o único que pode ser produzido no campo é o nitrogênio, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), principalmente nas leguminosas de grão (soja, feijão, amendoim, caupi, etc.), leguminosas como adubos-verdes e através da FBN associada à cultura de cana-de-açúcar e pastagens, mas na maioria dos casos é necessário otimizar a FBN através do melhoramento genético das culturas e pelo uso da inoculação específica.

A baixa reposição dos nutrientes do solo leva junto à depleção de matéria orgânica e com isso a significativa e crescente perda de carbono para a atmosfera na forma de CO<sub>2</sub>, principal gás de efeito estufa. Somado a isso, outros gases emitidos pelo solo como N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> derivados da agricultura também tem efeito significativo no aquecimento global (Alves et al., 2006, Ball et al., 1999; Sisti et al., 2004). De acordo como o Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) considera-se que a agricultura responde por mais de 20% do aquecimento global, fenômeno que por sua vez traz prejuízos e perdas de produção agrícola. Nesse sentido, esforços intensos vêm sendo realizados visando o desenvolvimento de técnicas que permitam não somente uma agricultura sustentável, mas que contribua para mitigar o efeito estufa.

Deve-se destacar também que a perda da capacidade produtiva dos solos por diferentes mecanismos, chamados também de “Fatores de degradação”, em tese, significa o mesmo que perder solo por erosão ou diminuição da área agrícola, o qual deve ser evitado. O problema da degradação dos solos se iniciou na antiguidade, ou melhor, nasceu com a agricultura, com o desmatamento e o uso intensivo (ou abusivo) dos solos (Olsen, 1981). Deve-se destacar também que hoje em dia o maior problema da degradação das terras do mundo está associado com as perdas de solo por erosão (Oldeman et al., 1991).

A mecanização agrícola, se é certo que trouxe enorme benefício para a intensificação da agricultura repercutindo favoravelmente na produção de alimentos, tem contribuído também para a rápida degradação do solo quando empregada de forma inadequada. Como exemplo disto tem-se que nas zonas agrícolas temperadas a perda da MOS da camada arável foi rápida nos primeiros 25 anos de cultivo, com perdas de até 50% do C original (Matson et al. 1997). Nos trópicos a situação é mais drástica, tais perdas poderiam ocorrer em 5 anos caso as áreas de floresta nativa de Cerrado fossem substituídas pelo cultivo anual de soja sob sistema de preparo convencional do solo (Silva et al, 1994).

Dentre as técnicas modernas disponíveis que contribuem para uma agricultura sustentável, destacam-se aquelas relacionadas com o manejo dos solos (calagem, fertilização, etc.), o uso de sementes melhoradas, controle de pragas e doenças, irrigação, e sistemas conservacionistas de manejo do solo (plantio direto ou cultivo mínimo), e rotação de culturas, onde se inclui o sistema de integração lavoura-pecuária, entre outros (Urquiaga et al., 2005a; Urquiaga et al., 2004; Urquiaga e Zapata, 2000; Studdert et al., 1997).

### **Mitigação do efeito estufa: seqüestro de carbono**

A partir do crescimento dos organismos no planeta, especialmente das plantas na era Paleozóica há aproximadamente 360 milhões de anos, entre os períodos Devoniano e Carbonífero, as partículas minerais da superfície terrestre receberam aportes crescentes de resíduos vegetais que constituíram mais tarde o



húmus ou matéria orgânica do solo. Este composto orgânico, tendo como base de sua constituição o carbono, contribuiu para diminuir os altos níveis de CO<sub>2</sub> da atmosfera daqueles tempos, fenômeno que hoje é conhecido como seqüestro de C. Desta forma pode-se dizer que as plantas contribuíram para diminuir o chamado efeito estufa reinante. Disto deduz-se, como mencionado acima, que a influência do homem para o atual fenômeno do efeito estufa começou com o desmatamento e queima da biomassa vegetal na procura de terras férteis para a agricultura, fenômeno agravado mais tarde com a crescente queima de combustíveis fósseis. Ou seja, com a agricultura e o uso de energia fóssil começou-se a devolver à atmosfera enormes quantidades de C que estava seqüestrado no solo e na biomassa vegetal. Por isso, hoje em dia, existe a crescente preocupação em se obter sistemas de manejo dentro do conceito de sustentabilidade por um lado, e pela procura de sistemas que permitam mitigar o efeito estufa, obtendo-se de fontes alternativas de energia a partir da biomassa vegetal (Urquiaga et al., 2004). Deve-se destacar também que outros gases emitidos pelo solo, como N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>, de efeito estufa muito superior que o CO<sub>2</sub> devem ser levados em conta no contexto global de mitigação do efeito estufa, assunto que será tratado mais adiante. Um dos principais mecanismos de seqüestrar C no solo é através do aumento do conteúdo de matéria orgânica no mesmo. Não se trata de depositar no solo apenas resíduos orgânicos, como bagaço de cana-de-açúcar, por exemplo, para aumentar o conteúdo de carbono orgânico do solo (COS). É necessário primeiro o adequado entendimento da natureza e composição da MOS para estabelecer os mecanismos ou estratégias para manejar adequadamente os resíduos das colheitas objetivando a construção da MOS ou para contribuir para o seqüestro de COS. Neste assunto temos um grande espaço para percorrer na formação universitária, e a crítica que se apresenta é que os profissionais saem dos bancos acadêmicos com uma preparação unidirecional e especializada, quando a base deveria ser mais multidisciplinar. A especialização poderia ocorrer mais tarde. Somente devido a este problema observa-se que muitos resultados de pesquisas sobre seqüestro de C, por exemplo, a inadequada interpretação conduz a recomendações que no lugar de ajudar, confunde ou atrapalha o avanço do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico. Discutir MOS, significa referir-se indiretamente a seus principais constituintes, o C e o N orgânico. Considerando que a MOS apresenta entre outras características uma relação C/N estável, variando ao redor de 10 ou 12, independentemente das condições edafoclimáticas, do conteúdo de N e da natureza da vegetação, pode-se deduzir que somente será possível aumentar o conteúdo de MOS, ou o seqüestro de COS, quando o sistema apresentar um balanço positivo de N, ou seja as quantidades líquidas de N que ingressam no sistema sejam superiores à saída do nutriente com os produtos de colheita e perdas naturais de N do solo. Desta forma, pode-se dizer que, entre os principais nutrientes, o N é o elemento essencial para o seqüestro de C nos solos agrícolas (Jantalia et al., 2006a, Urquiaga et al., 2005b). Porém em vários trabalhos que tratam do seqüestro de C no solo (Lal, 1997; Sá et al., 2001) pouca ou nenhuma atenção foi dada a este fenômeno. Somente nos últimos anos alguns pesquisadores têm começado a dar importância ao N como elemento chave no seqüestro de C no solo (Sisti et al., 2004; Diekow et al., 2005; Christopher & Lal, 2007). Justamente por desconhecimento deste fenômeno é que muitos sistemas de manejo do solo, inclusive o plantio direto, onde grandes quantidades de resíduos carbonados ingressam no solo não tem produzido os resultados de seqüestro de COS esperados (Jantalia et al., 2007; Sisti et al., 2004; Urquiaga et al., 2005b). Baseado no balanço de N nos sistemas agrícolas, especialmente o conteúdo de N do solo, é possível prever o potencial de seqüestro de C ou da MOS.

Diversos estudos vêm demonstrando que um dos principais mecanismos para incrementar o balanço positivo de N nos sistemas agrícolas, incluindo pastagens, é através da contribuição da FBN empregando-se leguminosas como adubos verdes em rotação de culturas e sob plantio direto. Os estudos de Bayer et al. (2000), Pillon (2000) e Sisti et al. (2001) tem demonstrado que somente foi possível aumentar a quantidade de resíduos de colheita, e com isto o C e N orgânico do solo, quando na rotação de culturas incluíram-se leguminosas como adubos-verdes que aumentaram significativamente a quantidade de N disponível. No solo observa-se que o aumento de MOS está sempre acompanhado pelo aumento conjunto de C e N. Este fenômeno também foi observado em solos sob pastagens consorciadas de gramíneas com leguminosas, tanto na região temperada como tropical (Dias-Zorita et al., 2002; Studdert et al., 1997; Tarre et al., 2001). Neste último caso, tudo indica que nas regiões subtropicais a FBN derivada do trevo garante não apenas a demanda de N dos animais para a produção de carne e leite senão também para aumentar o conteúdo de COS. Uma análise mais completa sobre a importância da FBN no seqüestro de C e na preservação ambiental apresenta-se em Alves et al. (2006) e Urquiaga et al. (2004, 2005b)



Embora seja conhecido que outros gases de efeito estufa, inclusive mais potentes que o CO<sub>2</sub> como são o N<sub>2</sub>O e o CH<sub>4</sub>, também precisam ser avaliados antes de estabelecer qualquer programa de manejo de solos orientados a diminuir ou mitigar o impacto da agricultura no aquecimento global.

O N<sub>2</sub>O é um gás cujo potencial de efeito estufa é, em base molar, aproximadamente 300 vezes maior que o CO<sub>2</sub>, e sua concentração natural na atmosfera era de 320 ppb e atualmente está ao redor de 370 ppb. No entanto as principais emissões deste gás decorrem do manejo agrícola, na fertilização com nitrogênio e no preparo do solo. Em diversos trabalhos onde se avaliou a emissão de N<sub>2</sub>O pelo solo na região temperada, encontrou-se que o sistema plantio direto promoveu taxas mais altas de emissão (Linn & Doran, 1984; Ball et al., 1999; Vinten et al., 2002), o qual esta muito associada com a maior preservação da umidade do solo e disponibilidade de substratos orgânicos decomponíveis, condições básicas para a intensa atividade microbiana, que favorece a nitrificação (produção de nitratos) e a própria denitrificação (emissão de N<sub>2</sub>O). Resulta que na região temperada os solos apresentam altos conteúdos de argilas expansivas (montmorilonita e vermiculita) com alta retenção de água, criando condições de redução química, ideal para a produção de N<sub>2</sub>O. Muito diferente disto, nos solos tropicais altamente intemperizados, com a fração argila rica em sesquióxidos e caulinita, de muito baixa retenção de umidade e/ou de boa drenagem, não ocorrem as condições de baixo potencial redox para a produção de N<sub>2</sub>O (Smith et al. 2003). Esta situação é comum nos solos Brasileiros, especialmente no Cerrado. Os estudos de Jantalia et al (2008) trabalhando num Latossolo da região de Passo Fundo (RS), avaliando diferentes rotações de culturas e sistemas de preparo do solo (plantio direto e convencional), demonstraram que independentemente do sistema de preparo do solo e das rotações de culturas, as taxas de emissão de N<sub>2</sub>O foram baixas (0,60 a 0,94 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), equivalente a 24 - 80% das estimativas calculadas pela condição do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC), que considera que 1% do total do N que ingressa no solo (adubos e resíduos) é perdido na forma de N<sub>2</sub>O. Deve-se destacar que as taxas mais próximas das do IPCC ocorreram quando o ingresso de N ao solo foi mais alto. De qualquer maneira, pode-se afirmar que no Latossolo estudado, onde os tratamentos de manejo estiveram estabelecidos por mais de 18 anos, as estimativas de emissão de N<sub>2</sub>O pelo IPCC foram superestimadas entre 20 e 76%. Por isso, estudos de diagnóstico do impacto da agricultura brasileira para o efeito estufa precisam ser intensificados.

No caso de metano (CH<sub>4</sub>), embora seja um gás cujo potencial de efeito estufa seja de 20 a 30 vezes maior que o CO<sub>2</sub> em base molar, sua ocorrência ou impacto está mais restrita a áreas baixas e alagadas (cultura de arroz irrigado) e à influência de animais ruminantes. Deve-se destacar que em pastagens de qualidade, onde os animais alcançam o peso de abate em menor tempo, as taxas de emissão de CH<sub>4</sub> por kg de carne também é baixo, e por isso da necessidade do manejo adequado das pastagens para diminuir o impacto da pecuária no aquecimento global.

Finalmente, deve-se destacar também que uma quantidade pequena de trabalhos tem levado em consideração as emissões de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> nos estudos de balanço global da emissão de gases de efeito estufa pela agricultura, o qual parece estar associada a aparente baixa quantidade emitida, mas que em determinadas situações a emissão destes gases pode neutralizar qualquer trabalho de mitigação do efeito estufa baseado apenas nas emissões de CO<sub>2</sub> (Jantalia et al., 2008).

### **Agradecimentos**

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq pela Bolsa de produtividade em pesquisa concedida. Também se agradece a FAPERJ e a Agencia Internacional de Energia Atômica pela ajuda recebida para o desenvolvimento de várias das pesquisas mencionadas neste trabalho.

### **Referências Bibliográficas**

ALVES, B.J.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P. & CAMARGO, F. Manejo de sistemas agrícolas. Impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Gênese, 2006. 215p.

BALL, B.C.; SCOTT, A. & PARKER, J.P. Field N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage compaction and soil quality in Scotland. Soil Till. Res., 53:29-39, 1999.





BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L. y FERNANDES, S.B.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 54:101-109, 2000.

CHRISTOPHER, S. F. & LAHL, R. Nitrogen management affects carbon sequestration in North American cropland soils. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 26:45-64, 2007

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KOGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a southern Brazil Acrisol managed under no-till for 17 years. *Soil Till. Res.*, 81:87-95, 2005.

DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE G.A. & GROVE, J.H. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 65:1-18, 2002.

LINN, D.W.; & DORAN, J.W. Effect of water-filled porous space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soil. *Soil Sci Soc Am J.*, 48:1267-1272, 1984.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br), acesso em 18/04/2008.

IPCC. International Panel for Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ([www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm)). Citado em julho, 2006).

JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. M. & URQUIAGA, S. Mudanças no estoque de C do solo em áreas de produção de grãos: Avaliação do impacto do manejo do solo. *In: Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; Aita, C.; Boddey, R. M.; Jantalia, C. P. & Camargo, F. A. (Eds.). Manejo de sistemas agrícolas: Impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Gênese, 2006, p. 35-57.*

JANTALIA, C. P. ; RESCK, D.V.S ; ALVES, B. J. R. ; ZOTARELLI, L. ; URQUIAGA, S. & BODDEY, R. M. Effect of tillage intensity on carbon stocks under a soybean based crop rotation in the Brazilian Cerrado. *Soil Till. Res.*, 95: 97-109, 2007

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H.P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. & ALVES, B. J. R. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the south of Brasil. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, *in press*, 2008 .

MATSON, P.A.; PARTON, W.J.; POWER, A.G. & SWIFT, M.J. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 277: 504-509, 1997.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment. *Soil Till. Res.*, 43:81-107, 1997.

OLDEMAN, L.R.; HAKKELING, R.T.A. & SOMBROEK, W.G. World map of human-induced soil degradation. An explanatory note, 2 ed. United Nations Environment Programme, Nairobi. 1991.

OLSEN, G.W. Archaeology: Lessons on future soil use. *J. Soil Water Cons.*, 36:261-264, 1981.

PILLON, N. C. Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura em plantio direto. Tese. (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (RS), 2000.



SÁ, J. C. D. M.; CERRI, C. C.; DICK, W.A.; LAL, R.; FILHO, S. P. V.; PICCOLO, M. C. & FEIGL, B. E.. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65: 1486-1499, 2001.

SILVA, J.E.D.; LEMAINSKI, J. & RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrado do Oeste Baiano. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:541-547, 1994.

SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P.; KOCHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional and zero tillage in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 76: 39-58. 2004.

SMITH, K.A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, K.E.; MASSHERDER, J. & REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors biological processes. *Eur. J. Soil Sci.* 54:779-791. 2003.

STUDDERT, G.A.; ECHEVERRÍA, H.E. & CASANOVAS, E.M., Crop pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:1466-1472. 1997.

TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; RESENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. & BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. *Plant Soil*, 234:15-26, 2001.

URQUIAGA, S., ZAPATA, F. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de los cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Gênese. 110p. 2000.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.; LUZIO, W.; ALVES, B.J.R. & BODDEY, R.M. El Horizonte del suelo. *R. Cien. Suelo y Nutr. Veg.*, 5: 46-60. 2005a.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R. & BODDEY, R.M. Manejo de sistemas agrícolas para seqüestro de C no solo. *In: Aquino, A. & Assis, R. L. Processos biológicos no sistema solo-planta. Ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa informação tecnológica. p. 323- 342, 2005b.*

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.J.; SANTOS, H. ALVES, B.J.R. & BODDEY, R.M., Importancia da FBN no secuestro de carbono no solo y en la sustentabilidad agrícola, in M.A.M. de Azconegui, I.E. García de Salamone, S.S. Miyazaki, *Biología del Suelo: Transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos. Buenos Aires: editorial Facultad Agronomía, p. 1-11. 2004.*

VINTEN, A.J.A.; BALL, B.C.; O'SULLIVAN, M.F. & HENSHALL, J.K. The effects of cultivation method, fertiliser input and previous sward type on organic C and N storage and gaseous losses under spring and winter barley following long term leys. *J. Agric. Sci.* 139:231-243. 2002.



## Pedologia e Interpretações para o Manejo e a Conservação do Solo e da Água

Doracy Pessoa Ramos<sup>(1)</sup>, Luiz de Moraes Rego Filho<sup>(2)</sup>

(1) Professor Titular do Laboratório de Solos da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Avenida Alberto Lamego, 2000. Campos dos Goytacazes – RJ, CEP: 28015-620. [doracy@uenf.br](mailto:doracy@uenf.br) (palestrante).

(2) Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO). Estação Experimental de Campos. Avenida Francisco Lamego, 134. Campos dos Goytacazes – RJ, CEP: 28080-000. [luizreg@pesagro.rj.gov.br](mailto:luizreg@pesagro.rj.gov.br).

**RESUMO:** Os recursos naturais solo e água formam o binômio básico da sustentabilidade do homem seja como componente essencial ou como elementos representativos de valores sociais, culturais e de produção de bens de consumo. Para preservar e garantir o acesso das futuras gerações a esses recursos, o Brasil necessita desenvolver ações de planejamento do melhor uso, manejo e conservação de suas terras, utilizando para esse fim o seu acervo de conhecimentos pedológicos, que reúne mais de 1500 descrições morfológicas de perfis padrões e número superior a duzentas mil análises físicas, químicas e mineralógicas. A importância deste acervo é neste trabalho demonstrada pela análise interpretativa de sete perfis representativos de classes de solos de alta expressão geográfica e de elevada importância no processo produtivo. A partir de dados da mineralogia da fração argila e de poucas outras características químicas e morfológicas, são inferidos valores de indicadores que possibilitam diferenciar, entre esses perfis, níveis de propriedades como fertilidade natural, irrigabilidade, drenabilidade, mecanização, risco à erosão e risco à poluição, todas elas importantes no manejo e conservação do solo e da água. Costa et al (2005) e Ramos et al (2008) reafirmam esta importância quando, ao aplicarem a técnica da análise multicriterial, produzem a partir de interpretações de dados desse acervo e de informações recentes do IBGE sobre socioeconomia, infraestrutura, e unidades de restrições ambientais, importantes documentos técnicos científicos como base de planejamento do uso das terras brasileiras à produção familiar e a produção de culturas em macro regiões e microbacias do Norte Fluminense.

**Palavras-chave:** Indicadores, propriedades, análise multicriterial.

### Introdução

Os solos e a água são recursos naturais essenciais. O primeiro como fator fundamental à produção de alimento e o segundo como componente bioquímico dos seres vivos e como meio de vida de várias espécies vegetais e animais. Os dois juntos formam o binômio básico da sustentabilidade do homem, seja como componente essencial ou como elementos representativos de valores sociais, culturais e de produção de bens de consumo. O crescimento demográfico e o desenvolvimento socioeconômico são frequentemente acompanhados de rápido aumento do uso dos recursos solo-água nos setores industrial, doméstico e da produção de alimentos. Para preservar e garantir o acesso das futuras gerações a esses recursos, o Brasil necessita urgentemente de ações que levem ao planejamento do uso adequado das terras que segundo Hudson (1971) é o passo mais importante na direção do uso sustentável e para a conservação dos recursos solo e água.

Este passo entre nós foi iniciado como os trabalhos pedológicos a partir dos anos 50, quando o projeto de conhecimento e mapeamento dos solos brasileiros teve praticamente seu início, alcançando nas décadas de 60, 70 e 80 grande avanço de conhecimento. Este avanço, motivado pela necessidade da realização da Carta de Solos do Brasil, (EMBRAPA 1981) produziu uma série de documentos técnicos de elevada importância, entre os quais os Levantamentos de Solos do Estado de São Paulo e do sul do Estado do Mato Grosso, que não só aprimoraram os conhecimentos em torno dos solos oxídicos sob vegetação de cerrado, mas também possibilitaram o domínio do conhecimento do uso e manejo desses solos, tornando o Brasil Central um dos maiores celeiros de produção de grãos do mundo.

No presente momento, praticamente todos os Estados brasileiros dispõem de informações relativas às suas principais classes de solos ao nível de levantamento de reconhecimento exploratório. Este acervo, que reúne mais de 1500 descrições morfológicas de perfis padrões representativos das classes de solos brasileiros,



acompanhadas de número superior a duzentas mil análises físicas, químicas e mineralógicas, é um dos maiores do mundo e certamente o maior no que se refere a solos tropicais. Nestes levantamentos estão contidas todas as características morfológicas, físicas, químicas, físico-químicas, mineralógicas e biológicas dos solos, além de importantes informações relativas ao seu material de origem, cobertura vegetal e de relevo local e regional que, devidamente interpretadas em suas relações, definem e diferenciam suas principais fraquezas e fortalezas, às diferentes ocupações.

### Importância Do Acervo De Conhecimentos Pedológicos

A Tabela 1 apresenta como exemplo da importância deste acervo científico algumas destas características presentes nos horizontes principais A e B de importantes classes de solos brasileiros. Os perfis selecionados P1-LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos típicos (EMBRAPA, 2000); P2 - CHERNOSSOLOS EBÂNICOS Órticos vertissólicos (EMBRAPA, 2000); P3 - PLANOSSOLOS HÁPLICOS Eutróficos solódicos (EMBRAPA, 1978); P4 - ARGISSOLOS VERMELHOS Distróficos abrupticos (EMBRAPA, 1983); P5 - NITOSSOLOS HÁPLICOS Distróficos típicos (Gonçalves H. 1986); P6 - LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Ácricos típicos (Cavalcanti A C, 1977); P7 - LATOSSOLOS VERMELHOS Perféricos húmicos (Brasil, 1983) são padrões definidos pela comunidade pedológica que tipificam no quarto nível categórico do nosso sistema de classificação, classes de solos de alta expressão geográfica e de elevada importância no processo produtivo alimentar.

**Tabela 1.** Características dos horizontes A e B dos perfis selecionados.

	Horizontes	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Características								
MINERALOGIA (Fração argila)	B	K, V	K / E, I	K	K	K Go G	K Go G	Go, K
Ki (SiO <sub>2</sub> % / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % (Relação Molecular)	A	2,6	3,1	4,1	2,4	1,7	0,8	0,1
	B	2,2	2,5	2,5	2,1	1,7	0,6	0,1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	A	23	25	16	15	66	134	650
	B	59	37	72	48	94	141	675
Δ pH (pH KCl – pH H <sub>2</sub> O)	A	-1	-0,8	-1,4	-1,3	-0,9	-0,4	-0,8
	B	-0,8	-1,6	-1,7	-1,5	-1,1	0,3	0,2
Valor T (Cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> argila)	B	30	54	24	8	3	0,4	1,3
Estrutura (Classe e Tipo)	A	MB	GrB	PG	PG	PG	PG	PG
	B	MB	GrB	CD	MB	PB	MPG	MPG
Consistência a seco	A	Ld	D	Ma	Ld	Ld	Ma	Ma
	B	D	Ed	Ed	Ld	D	Ma	Ma
Classe Textural	A	Ar	Ar	Ar	Me	Me	Me	Me
	B	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar
Horizonte B diagnóstico	Bt	Bt	Bt	Btx	Bt	Bt	Bw	Bw
Relevo	OND / FO	SO	OND	SO	SO	FO / OND	PL / SO	OND / FO



Notas:

MINERALOGIA: K, V = Caulinita e Vermiculita; K / E, I = Interestificados Caulinita, Esmectita e Ilita; K = Caulinita; K Go G = Caulinita; Goetita e Gibisita; K Go G = Caulinita, Goetita e Gibisita; Go, K = Goetita e Caulinita

Estrutura: PG = Pequena granular; PB = Pequena Blocos; GrB = Grande Blocos; CD = Colunar Dispersa; MPG = Muito pequena granular.

Consistência a seco: Ld = Ligeiramente duro; D = Duro; Ma = Macio; Ed = Extremamente duro.

Classe Textural: Ar = Argila; Me = Média

Relevo: PL = Plano; SO = Suave ondulado; OND = Ondulado; FO = Forte ondulado.

As características utilizadas e apresentadas nesta Tabela 1 são fundamentais tanto na diferenciação entre indivíduos como na indução e constituição de propriedades importantes relativas ao uso e manejo deste ambiente para os diferentes fins. São importantes, ainda, no controle da qualidade do serviço de levantamento efetuado, em especial na relação entre a morfologia de campo e os dados laboratoriais utilizados na caracterização dos indivíduos. Mesmo de forma simplificada em relação ao acervo disponível, estes dados permitem visualizar típicas variações na formação dos nossos solos tropicais, identificadas pela mineralogia dominante da fração argila e por suas relações com as demais características químicas e morfológicas.

A Figura 1 sintetiza estas relações e mostra que a partir de dados da mineralogia e de suas relações com outras características químicas e morfológicas, podem-se inferir indicadores que possibilitam diferenciar estes perfis por níveis de propriedades como fertilidade natural, irrigabilidade, mecanização, risco à erosão e risco à poluição, todas elas importantes no manejo e conservação do solo e da água.

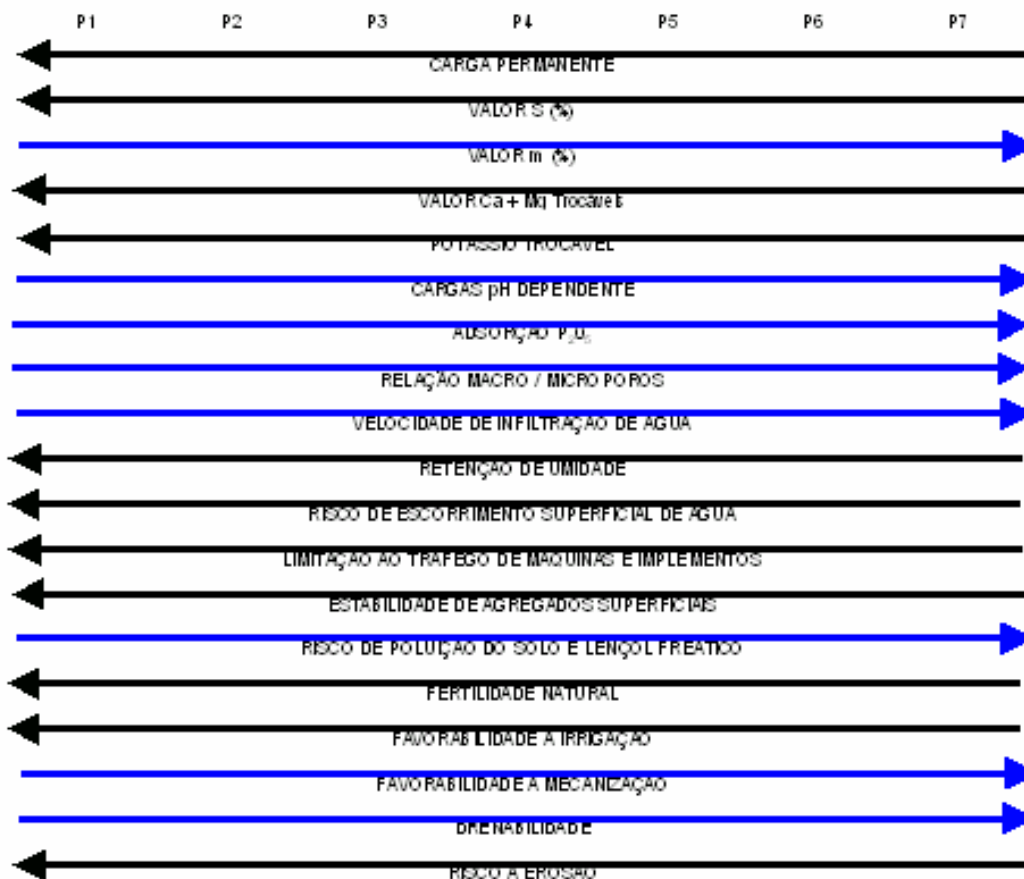


Figura 1. Tendências da variabilidade de indicadores e propriedades entre os perfis selecionados.

Sabendo-se que os dados aqui apresentados correspondem a uma parcela irrisória do disponível no acervo de nossos conhecimentos, evidencia-se o quanto é possível avançar no planejamento de nossas terras de forma a realmente contribuir para o melhor manejo e conservação de nossos recursos naturais solo e água.



Exemplos típicos da utilização deste acervo são os zoneamentos produzidos para o Estado do Paraná EMBRAPA, Série Documentos 38; 37; 36; 33; 32; 29 (2001), Santa Catarina EMBRAPA, Série Documentos 17 (2000) e Rio Grande do Sul EMBRAPA Série Documentos 39; 31; 30; 27; 26; 25; 20 (2000), entre outros.

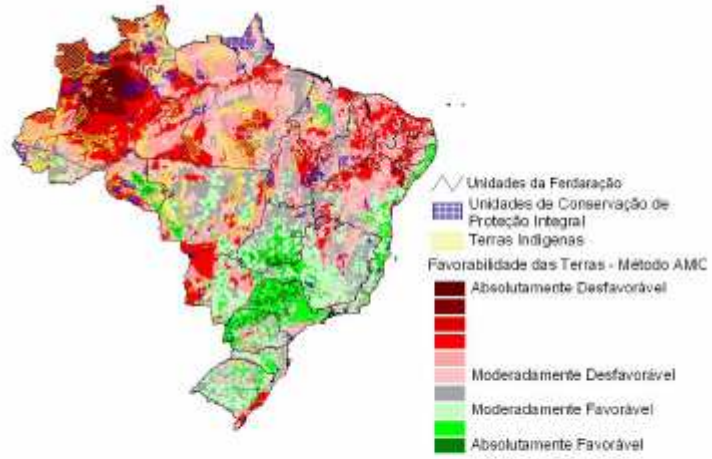
Independente do ano de realização, os levantamentos pedológicos que geraram esse acervo são de elevado nível técnico e alta precisão no estabelecimento e diferenciação das classes taxonômicas, comportando com pequenos ajustes, referentes à atualização da classificação, seu uso imediato para planejamentos de uso das terras no nível de estado, macro-regiões ou país. Portanto, interpretações voltadas para focos específicos como zoneamentos agrícolas e agroecológicos, estradas interestaduais, dutos interestaduais, transposição de águas e outros, podem imediatamente se beneficiar deste acervo para seu planejamento. Algumas realizações nesse nível foram conduzidas, mas são em número muito pequeno em relação à disponibilidade dos conhecimentos pedológicos existentes. Este fato pode ser explicado por várias causas: a primeira delas, relativa à dificuldade dos planejadores de entenderem os dados disponíveis e, por isso, nos seus planejamentos, priorizarem parâmetros econômicos sem levar em conta as variáveis morfológicas, físicas, químicas, biológicas e mineralógicas desse ambiente. A segunda por culpa do pequeno empenho dos próprios pedólogos na divulgação e transmissão desses conhecimentos não só aos tomadores de decisão, mas, principalmente, aos pesquisadores das áreas correlatas da Ciência do Solo, que invariavelmente consideram estes estudos de baixo valor científico. A terceira, e mais importante de todas, pelo pequeno apoio financeiro destinado a continuidade destes estudos pelas agências financiadoras de pesquisa dos governos federal, estadual e municipal, especialmente a partir da conclusão da Carta de Solos. Finalmente, pelo decréscimo de interesse de jovens pesquisadores desta área da Ciência do Solo, pela dificuldade de publicação de seus resultados, considerados de baixo valor como produção científica, valendo, muitas vezes, o equivalente somente a um terço de um trabalho publicado em revista científica.

Sendo o mapeamento de solos o setor da pedologia que utiliza os conhecimentos de gênese, geomorfologia, material originário, relevo e aspectos de macro drenagem para espacializar as classes de solos, pouco esforço necessita ser desenvolvido para, a partir do acervo existente, gerar levantamentos mais detalhados que possam ser utilizados como base de planejamento de macro e micro regiões ou mesmo ao nível de produtor rural.

Recentemente, utilizando os conhecimentos gerados por aplicativos como o de Aptidão Agrícola, estão sendo realizadas interpretações visando a organização e planejamento da produção agrícola, tendo como foco principal os ganhos sociais, econômicos e ambientais. Ela envolve a análise multicritério de apoio à decisão, suportada por modelos baseados em conhecimentos associados a um processo analítico hierárquico com combinação linear de pesos.

Na análise multicritério trabalha-se com estratégia de decisão que combina critérios úteis objetivando proceder a uma determinada avaliação escolhida entre as possíveis alternativas. As decisões são tomadas com base em critérios, que são variáveis possíveis de serem medidas e avaliadas. Os critérios podem ser fatores e restrições. Um fator é um critério que realça ou diminui a adequabilidade de uma alternativa específica para uma atividade ou objetivo. As restrições são limitadores das alternativas em consideração. O procedimento e a forma para a escolha dos critérios e a metodologia para combiná-los são denominados regras de decisão, que são os procedimentos para combinar graus de adequabilidade de múltiplos critérios para determinado objetivo.

Seguindo essa metodologia, Costa, T.C.C. et al (2005) produziram a partir de informações disponíveis em relação a solos, clima, infraestrutura, socioeconomia e restrições ambientais, além dos mapas parciais de classes agropedoecológicas, de infraestrutura e de socioeconomia, o mapa de distribuição de classes de favorabilidade das terras para a agricultura familiar (Figura 2) de acordo com hierarquia de importância entre os fatores constantes da Tabela 2.



**Figura 2.** Terras favoráveis para a agricultura familiar. Costa, T.C.C. et al (2005).



**Tabela 2.** Hierarquia de importância entre os fatores do nível 4 (para classes pedoecológicas), entre os fatores do nível 3 (para classes agropedoecológicas), e para a “favorabilidade de terras para agricultura familiar”.

Classes Pedoecológicas	Classes Agroecológicas	Fertilidade	Relevo	Drenagem	Textura	Valor T (Ta, Tb)
Classes Agroecológicas	1					
Fertilidade	1	1				
Relevo	1/3	1/3	1			
Drenagem	1/3	1/3	1	1		
Textura	1/5	1/5	1/3	1/3	1	
Valor (Ta, Tb)	1/3	1/3	1	1	3	1
Classes Agropedoecológicas	Classes Pedoecológicas	Pluviosidade	Produtividade			
Classes Pedoecológicas	1					
Pluviosidade	1/3	1				
Produtividade	1/5	1/3	1			
Favorabilidade de Terras para Agricultura Familiar		Classes Agropedoecológicas		Infra Estrutura		Sócio-Economia
Classes Agropedoecológicas		1				
Infra Estrutura		1/3		1		
Sócio-Economia		1/3		1		1

Esta contribuição técnico-científica gerada pela EMBRAPA SOLOS por solicitação do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) serve de instrumento de planejamento da política pública de assentamentos rurais no programa brasileiro de reforma agrária. Nela, estão claramente identificadas não só as fraquezas das terras para a produção a nível familiar, mas também os limitantes de infraestrutura, de atendimento social e de escoamento da produção, que tornam impossível o sucesso de projetos de agricultura familiar sem a devida atuação dos governos federal, estadual e municipal para mitigar essas limitações.

Com base nos dados de solos, de clima, da produtividade da cultura do maracujazeiro, de infraestrutura, de socioeconomia e restrições ambientais do Estado do Rio de Janeiro está sendo realizado para os projetos Gerenciamento Integrado de Agroecossistemas em Microbacias Hidrográficas do Norte-Noroeste Fluminense (RIO RURAL / GEF) e Inovação tecnológica para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do maracujá no arranjo produtivo local da região Norte Fluminense (EMBRAPA, UENF,





PESAGRO), o potencial de uso das terras considerando-se o nível de manejo B, (Ramalho Filho, 1994) Esta interpretação segue os indicadores e respectivos níveis de análise e formato da Tabela 3.

**Tabela 3.** Indicadores utilizados nos diferentes níveis de interpretação para obtenção do potencial de uso das terras do Estado do Rio de Janeiro para a produção do maracujazeiro.

Nível 1	Nível 2 MACROFATORES	Nível 3 FATORES	Nível 4 MICROFATORES	Nível 5 INDICADORES
POTENCIAL DE USO DAS TERRAS	AGROPEDOECOLOGIA (AMBIENTE DE PRODUÇÃO)	PEDOECOLOGIA	FERTILIDADE	CTC; Saturação de Bases; Alumínio Trocável; Condutividade Elétrica do extrato de saturação; Relação Ca / K, Ca + Mg / K; Fósforo Assimilável.
			DRENABILIDADE	Textura Superficial e Subsuperficial; Relação de Volumes; Camadas ou Horizontes de Impedimento; Qualidade da Argila, Tipo de Estrutura e Relevô.
			IRRIGABILIDADE	Relevo; Horizontes ou Camadas de Impedimento; Textura e Estrutura; Retenção de Umidade; Tipo de Manancial de Água; Qualidade da água.
			MECANICIDADE	Relevo, Rochosidade e Pedregosidade; Qualidade da Argila; Camadas ou Horizontes de impedimento.



**Manejo e conservação do solo e da água  
no contexto das mudanças ambientais**

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

		ERODIBILIDADE	Relevo; Textura e Estrutura; Qualidade da Argila; Relação de Volumes; Profundidade; Horizontes ou Camadas de Impedimentos; Taxas de Infiltração.	
		POLUIÇÃO SOLO E ÁGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reatividade da fração coloidal;</li> <li>✓ Permeabilidade ;</li> <li>✓ Profundidade do lençol freático.</li> </ul>	
	AGROCLIMÁTICO	CLIMA	Temperatura	
			Precipitação	
			Luminosidade	
			Vento	
			PRODUTIVIDADE	Umidade Relativa do Ar
				Sistema B
	INFRA-ESTRUTURA	Classes de Rodovias	% de faixa dupla asfaltada	
		Classes de Sedes	Distância da Sede à Cidade	
Classes de Cidades		Serviços, Saúde.		
SÓCIO ECONOMIA	DENSIDADE DEMOGRÁFICA			
	ÍNDICE DE RENDA IDH			
	ÍNDICE DE EDUCAÇÃO IDH (Família, produtor, empregados).			
	Disponibilidade de Crédito			
	Mercado (colocação de produtos a preços mais competitivos)			
	Transporte (Custo. Próprio / Terceirizado).			
	Mão-de-obra qualificada			
	Residência			
RESTRIÇÕES AMBIENTAIS	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO			



		ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO	
		TERRAS INDÍGENAS	

### Referências Bibliográficas

CAVALCANTI, A. C. Estudo de Latossolos argilosos do Planalto Central do Brasil. Caracterização, distinções de acordo com duas superfícies de aplainamento, gênese e classificação. Tese (Mestrado em Ciência do Solo). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ITAGUAÍ. 1977.

CHAGAS, C. S. et al. Zoneamento Agropedoclimático do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2000. CD Rom. (EMBRAPA SOLOS. Documentos nº 17).

CHAGAS, C. S. et al. Zoneamento pedoclimático do Estado do Paraná para a cultura do algodão herbáceo. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2001. CD Rom. (EMBRAPA SOLOS. Documentos nº 38).

CHAGAS, C. S. et al. Zoneamento pedoclimático do Estado do Rio Grande do Sul para a cultura da Cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2000. CD Rom. (EMBRAPA SOLOS. Documentos nº 39).

COSTA, T. C. E. C.; RAMOS, D. P.; PEREIRA, N. R.; BACA, J. F. M. Favorabilidade de terras para a agricultura familiar por meio da análise multicritério. GEOGRAFIA – v. 14, n. 2, jul./dez. 2005 - Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Mapa de solos do Brasil: escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 1981. 1 Mapa colorido.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DE SOLOS, 1., Rio de Janeiro, 1978. Anais. Rio de Janeiro, 1978. 122 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DE SOLOS, 2., Rio de Janeiro, 1983. Anais. Rio de Janeiro, 1983. 138 p.

EMPRESA FLORESTAS; EMBRAPA SOLOS; INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 6, 2000. Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Colombo, EMBRAPA FLORESTAS / Rio de Janeiro, EMBRAPA SOLOS / Campinas, IAC. 2000. 222p.

HUDSON, N. Soil Conservation. New York, Cornell University Press., 1971. 302 p.

MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M. W.; GONZALEZ, S. R. et al. Geologia in: Brasil. Ministério de Minas e Energia. Projeto RadamBrasil. Folha SF. 23. Rio de Janeiro e SF.24 Vitória. Rio de Janeiro, (Levantamento de Recursos Naturais, 32).1984.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS., 1994.

RAMOS, D. P. et al. ANÁLISE MULTICRITERIAL UTILIZADA NA DESTINAÇÃO DO USO DAS TERRAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO PARA A PRODUÇÃO DE MARACUJAZEIRO E OLEAGINOSAS (PROJETO DE PESQUISA em andamento). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2008.



**Manejo e conservação do solo e da água  
no contexto das mudanças ambientais**

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

SANTOS, H. G. Solos intermediários entre Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Amarelo. Argila de atividade baixa: Conceituação e distinção. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. ITAGUAÍ. 1986.



## Impactos das mudanças de uso da terra no ciclo da água e carbono em ecossistemas brasileiros

**Humberto Ribeiro da Rocha**<sup>(1)</sup>

(1) Professor, Departamento de Ciências Atmosféricas, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, [humberto@model.iag.usp.br](mailto:humberto@model.iag.usp.br) (palestrante)

É apresentada uma visão do impacto das mudanças de uso da terra no ciclo hidrológico e ciclo do carbono à superfície, por meio de medidas e avaliações de modelos, de uma série de variáveis, como temperatura do ar, umidade do solo, precipitação e evapotranspiração, em áreas de Cerrado, florestas e desmatamento na Amazonia, e concentrações na água de carbono, nitrogênio e íons em canais com diferentes usos do solo (vegetação, cana de açúcar e eucalipto) em uma região de Cerrado, SE Brasil.

Mostra-se que os impactos do desmatamento na temperatura e precipitação podem ser entendidos em escalas espaciais de influência. Na escala local ocorre o aumento da temperatura do ar sobre as pastagens em relação às florestas, nas áreas de cana-de-açúcar em relação aos Cerrados, e o resfriamento do ar sobre as áreas de eucalipto. Há um aumento expressivo da umidade do solo nas áreas de pequenas clareiras geradas em desmatamento de pequeno impacto, principalmente abaixo de 3 m de profundidade, em relação ao padrão observado nas florestas tropicais. Na meso-escala os estudos são escassos, mais os mais recentes ainda são feitos por modelos numéricos, que mostram a redução da evaporação e da precipitação, de forma similar ao que ocorre nos estudos com modelos numéricos dos efeitos de desmatamento de grande escala na Amazônia. Ainda na meso-escala e aproximando-se da escala regional, ocorre como resultante das queimadas o resfriamento da atmosfera nos altos níveis e o aquecimento da superfície, provocados pelo efeito radiativo discriminado dos aerossóis em diferentes altitudes. Na escala global se prevê (IPCC) o aquecimento de grande escala na América do Sul, mas ainda não há consenso sobre os padrões de variação da precipitação, uma vez que alguns modelos indicam aumento (redução) da chuva em áreas discordantes. Conforme descrito em Silva et al. (2007), a cana de açúcar e o eucalipto alteram o transporte dos elementos investigados nessas pequenas bacias de drenagem. As concentrações mais elevadas de todos os parâmetros analisados (parâmetros abióticos, íons, carbono orgânico dissolvido e carbono inorgânico dissolvido) foram encontradas na bacia de cana de açúcar (SCW). As concentrações observadas para os cátions na bacia do eucalipto (EW) (Mg, Ca, K, Na), assim como Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) e Carbono Orgânico Dissolvido (COD), apresentaram valores intermediários entre as bacias do Cerrado e da cana de açúcar, sugerindo um impacto moderado dessa plantação aos corpos d'água. Mesma tendência foi observada para os fluxos de íons e nutrientes, sendo, novamente, os maiores valores encontrados na bacia de cana-de-açúcar. O cultivo da cana de açúcar representa um importante fator na modificação da química de pequenas bacias de drenagem.

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DANIELA MARIANO LOPES DA SILVA; JEAN PIERRE HENRY BALBAUD OMETTO; GRÉ DE ARAÚJO LOBO; WALTER DE PAULA LIMA; MARCOS AUGUSTO SCARANELLO; EDMAR MAZZI; HUMBERTO RIBEIRO DA ROCHA. Can land use changes alter carbon, nitrogen and major ion transport in subtropical brazilian streams? Sci. Agric. Vol.64 no.4 Piracicaba July/Aug. 2007.



## Manejo do Solo e da Água em Perímetros Irrigados da Região Nordeste do Brasil

**Mateus Rosas Ribeiro**<sup>(1)</sup>

(1) Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/nº, Dois Irmãos, Recife, PE. CEP 52171-900, [mrosas@depa.ufrpe.br](mailto:mrosas@depa.ufrpe.br) (palestrante)

**RESUMO:** A presente palestra aborda a vulnerabilidade econômica da região Nordeste como uma consequência da sua grande extensão de terras semi-áridas e da ocorrência de secas periódicas, e considera a irrigação uma prática indispensável para a sobrevivência das propriedades agrícolas na maior parte do semi-árido nordestino. Entretanto, quando mal conduzida, esta prática pode provocar alterações nas propriedades físicas e químicas dos solos, comprometendo a sustentabilidade do sistema produtivo. Por esta razão, a implantação de projetos públicos ou privados de irrigação deve ser precedida de um planejamento, com base no conhecimento do solo e das suas limitações, visando adoção de práticas adequadas para o manejo do solo e da água. A não execução dos sistemas de drenagem, a baixa eficiência no uso da água, práticas de manejo inadequadas e o baixo nível técnico dos irrigantes são apontados como os principais responsáveis pela degradação de terras em muitos perímetros em operação. Como considerações finais, são abordadas as peculiaridades de diversas classes de solos e feitas recomendações específicas para cada uma delas. São também sugeridas ações para desenvolver políticas de gestão visando à melhoria da eficiência e sustentabilidade dos perímetros irrigados da região.

**Palavras-chave:** semi-árido, agricultura irrigada, manejo sustentável.

### Introdução

Com uma área que corresponde aproximadamente a 1/5 do território nacional e contendo mais de 30% da população do país o Nordeste continua a abrigar um dos maiores bolsões de pobreza do hemisfério ocidental (CODEVASF, 1976). A grande extensão de terras semi-áridas e os efeitos, cada vez mais pronunciados, das secas frequentes sempre foram os principais fatores determinantes da vulnerabilidade econômica regional, inviabilizando a estrutura de produção baseada unicamente em atividades de sequeiro.

Sem negar a importância das atividades de sequeiro para a economia regional, a inclusão da irrigação nos sistemas de produção é condição quase indispensável à sobrevivência das pequenas e médias propriedades agrícolas na maior parte do semi-árido nordestino (Ribeiro, 2003).

Por outro lado, com o uso da irrigação, a exploração da terra intensifica-se significativamente, promovendo considerável mudança na dinâmica evolutiva natural dos solos podendo, frequentemente, ocasionar a degradação das propriedades físicas e químicas, comprometendo a sustentabilidade do sistema produtivo (Santos, 1988).

Por esta razão a implantação de projetos públicos ou privados de irrigação deve ser precedida de um correto planejamento, que tem como base o conhecimento do solo e das suas limitações, através de levantamentos de solos e classificação de terras para irrigação, visando o manejo adequado do solo e da água. Grandes insucessos têm sido observados, inclusive na iniciativa privada, com a implantação de irrigação com o uso de alta tecnologia hidráulica e nenhum conhecimento sobre as propriedades e o comportamento dos solos.

Os projetos governamentais de irrigação implantados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF), e que contribuíram para mudar a economia das áreas sob sua influência, como o caso do Pólo Petrolina – Juazeiro, muitas vezes deixam a desejar em termos de eficiência e, em outros casos, após um período de florescimento entram em declínio, ou mesmo são desativados, como os perímetros de Moxotó e Custódia, em Pernambuco, Sumé, na Paraíba, e muitos outros, com graves implicações sociais (Ribeiro, 2003).

Entre as causas da degradação aparece, em primeiro plano, o manejo inadequado do solo e da água, em consequência, do desrespeito às características dos solos, por desconhecimento ou priorização de fatores políticos e financeiros sobre informações técnicas, além do baixo nível técnico dos irrigantes.



A não execução dos sistemas de drenagem, a irrigação de terras marginais, o uso excessivo de água e a falta de manejo têm contribuído para a degradação de terras nos perímetros em operação, além do desperdício de água, numa época em que as previsões sobre o aumento da escassez de água são alarmantes.

O objetivo desta apresentação é fazer uma abordagem regional sobre a forma de utilização e a racionalização do uso da água para fins de irrigação na região Nordeste e sua relação com as classes de solos e práticas de manejo.

### **A Irrigação No Nordeste Do Brasil**

A implantação dos projetos de irrigação na região Nordeste data da década de 1930, com a construção dos grandes açudes pelo DNOCS. Em 1934 o DNOCS começou a se preocupar com os estudos de solos, chamados então de estudos agrológicos, sendo o primeiro levantamento de solos, de autoria do Engenheiro Agrônomo José Ferreira de Castro, o Reconhecimento Agrológico de Parte da Bacia de Irrigação do Açude Público São Gonçalo-PB, publicado no Boletim da antiga Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (Souza Melo, 1966).

As áreas dos perímetros implantados pelo DNOCS, em sua grande maioria, ocuparam as planícies aluviais a jusante das grandes barragens, caracterizadas pela presença de Neossolos Flúvicos de textura geralmente argilosa, argilo-siltosa ou franco argilosa, com teores altos de silte e baixa permeabilidade (Fig.1). Salinidade e sodicidade já eram características pré-existentes em áreas localizadas destes perímetros. Os sistemas de irrigação adotados foram os de irrigação por sulcos ou inundação.



**Figura 1:** Perfil de Neossolo Flúvico Ta Eutrófico solódico, textura argilosa/arenosa, do Perímetro Irrigado de Custódia, Pernambuco.

Embora as recomendações técnicas indicassem o requerimento de drenagem, os sistemas não foram feitos ou, quando feitos, não foram suficientes para promover o rebaixamento do lençol freático e a lavagem

dos sais. O baixo nível dos irrigantes e o uso excessivo de água resultaram na salinização de muitos lotes, principalmente, aqueles mais afastados da linha de drenagem principal, a calha do rio.

Os processos de salinização se agravaram em virtude da baixa qualidade das águas de alguns açudes. A ausência de controle nas bacias hidrográficas, permitindo a construção indiscriminada de pequenas barragens a montante, e a ocorrência mais freqüente de secas, tem impedido o sangramento anual dos grandes açudes, aumentando os problemas na qualidade das águas ou mesmo a suspensão da irrigação por falta de água, como ocorre nos perímetros de Moxotó (açude Poço da Cruz) e Custódia em Pernambuco, e Sumé, na Paraíba. A irrigação com água de Poços Amazonas, de pior qualidade, tem agravado ainda mais o problema da salinização (Fig. 2).



**Figura 2.** Aspecto da superfície de um solo salino ( $CE_{es} = 47 \text{ dSm}^{-1}$ ), no perímetro de Moxotó, município de Ibirimir, PE ( $8^{\circ}32' \text{ S}$  e  $37^{\circ}41' \text{ W}$ ), mostrando a crosta salina esbranquiçada e a ausência de vegetação. A única planta presente é um indivíduo de *Atriplex*, espécie altamente tolerante à salinidade. Foto disponibilizada pelo Centro de Referência e Informação de Solos do Estado de Pernambuco – CRISEP/UFRPE.

A partir de 1960, com a expansão da irrigação no Vale do São Francisco, pela CODEVASF, os estudos básicos para projetos de irrigação passaram a exigir além do levantamento de solos, a classificação de terras para irrigação, segundo diretrizes definidas pelo U.S. Bureau of Reclamation do Departamento do Interior dos Estados Unidos (Carter, 1993).

No vale do São Francisco os projetos foram desenvolvidos em terras altas, fora da planície aluvial, envolvendo geralmente, coberturas de sedimentos pleistocênicos sobre rochas do pré-cambriano, áreas de ocorrência de Latossolos Amarelos e, principalmente, Argissolos Amarelos plínticos e com fragipã, tipicamente representados pelos projetos Bebedouro e Nilo Coelho-PE, Maniçoba e Curaçá-BA.

O sistema de irrigação adotado no início da implantação dos projetos Bebedouro e Nilo Coelho foi o de irrigação por sulcos. Este sistema era totalmente desaconselhado, pois os solos apresentam textura superficial arenosa, com alto nível de infiltração, e um impedimento de drenagem em profundidade, representado pelo embasamento cristalino. Este sistema foi paulatinamente substituído, com a divulgação da irrigação por aspersão, microaspersão e gotejamento, mais indicados para o tipo de solo, apesar do sistema tradicional ainda ser utilizado por muitos irrigantes.

Apesar dos levantamentos básicos recomendarem necessidade de drenagem, em virtude da textura superficial dos solos e do bloqueio de drenagem representado pelo embasamento cristalino, as informações técnicas não foram consideradas na implantação do projeto (Fig. 3).





A não execução dos sistemas de drenagem, a irrigação de terras previstas para sequeiro, o uso excessivo de água e a falta de manejo tem contribuído para a degradação das terras nos perímetros em operação. O projeto Nilo Coelho, o de maior sucesso, ressenete-se da falta de um projeto geral de drenagem.



**Perfil 3.** Perfil de Argissolo Amarelo Eutrófico fragipânico, textura média(leve)/argilosa, irrigado por sulco no Projeto Curaçá-BA, mostrando a presença de lençol freático.

A carência de terras irrigáveis de boa qualidade, e a necessidade de assentamento das populações deslocadas com a construção das hidroelétricas, tem levado ao enquadramento de terras marginais como irrigáveis com uso especial, para determinadas culturas ou métodos de irrigação, que deveriam ser monitoradas para observação do seu comportamento sob irrigação. Como exemplos podem ser citados os projetos Manga de Baixo - PE e Califórnia - SE, onde são irrigados Luvissolos Crômicos e Neossolos Regolíticos em regime de aspersão.

No projeto Califórnia o grande problema é a erosão, em virtude da baixa permeabilidade, pequena profundidade e relevo suave ondulado dos solos. Mais uma vez a falta de assistência e conhecimento técnico dos irrigantes tem acelerado os problemas de degradação dos solos por erosão e salinização. No perímetro é prática comum a redução do tempo de funcionamento dos aspersores para a metade, com o aumento da vazão e conseqüente aumento do escoamento superficial, e o represamento das linhas naturais de drenagem para a criação de peixes.

O avanço da tecnologia nos métodos de irrigação, com difusão das técnicas de fertirrigação, tem, por outro lado, permitido a incorporação de áreas anteriormente consideradas como não irrigáveis envolvendo Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média (leve), que estão sendo utilizados com microaspersão, na fruticultura.

Outra classe de solo utilizada no Nordeste são os Vertissolos, característicos dos projetos Mandacaru e Tourão, na Bahia. Pelas suas características de baixíssima permeabilidade desde a superfície, os Vertissolos



se adaptam bem à irrigação por sulcos. O projeto Mandacaru, explorado por pequenos irrigantes há 33 anos com culturas diversificadas, tem os problemas comuns de falta de assistência técnica por parte do governo. O projeto Tourão, com a Usina Agrovale produzindo cana-de-açúcar há 20 anos, atingiu um razoável nível de tecnologia e adota um excelente manejo de solo e água, com um sistema eficiente de drenagem superficial e controle da umidade dos solos através de sonda de nêutrons. A irrigação é suspensa quando a umidade atinge 40 cm, com a drenagem superficial do excesso feita durante 6 a 12 horas. Está também sendo implantado experimentalmente, um sistema de gotejamento subsuperficial, na área destes solos.

### **Considerações Finais**

O manejo do solo e da água nos sistemas de agricultura irrigada deve ser conduzido de forma a prevenir e controlar os processos secundários da salinização, e para isto deve ser feita uma criteriosa avaliação e estudo do solo e da água, fontes potenciais do problema.

– Em perímetros como os do Pólo Petrolina–Juazeiro, com águas de boa qualidade, solos arenosos e com problemas de drenagem subsuperficial, as atenções devem ser voltadas para a melhoria da eficiência da irrigação, fazendo com que o sistema de distribuição funcione com o mínimo de perdas, evitando a formação de lençol freático.

– Em perímetros instalados nas áreas aluviais caracterizadas por Neossolos Flúvicos de baixa permeabilidade, com problemas de salinidade e sodicidade já existentes nos solos e nas águas de irrigação, a preocupação principal é a instalação de um sistema eficiente de drenagem superficial e subterrânea com capacidade de retirar o excesso de água resultante das perdas do sistema de distribuição e do escoamento superficial de áreas adjacentes.

– No caso das áreas de Vertissolos, não indicados para drenagem subsuperficial, é necessário um rigoroso controle do volume de água aplicado e um eficiente sistema de drenagem superficial para retirada do excesso, além do acompanhamento constante do grau de umidade do solo e da profundidade que se deseja trabalhar.

– Nos solos da classe dos Luvisolos Crômicos de relevo suave ondulado, onde são utilizados apenas os métodos de aspersão, microaspersão ou gotejamento, deve ser feito o controle da intensidade do volume de água aplicado para evitar o escoamento superficial e a erosão, além da utilização de práticas conservacionistas e implantação de drenagem nas áreas de talvegue.

Em todos os casos é imprescindível o monitoramento do teor de água do solo em toda a área irrigada e a instalação de uma rede de poços de observação do lençol freático com medições regulares. No caso do uso de águas de má qualidade, como as dos poços amazonas, torna-se necessário a existência de um sistema de drenagem interna eficiente e o uso de lâminas de lixiviação, volume de água adicional para lixiviar os sais concentrados em torno do sistema radicular das plantas, em irrigações anteriores e uso de plantas tolerantes.

### **Propostas De Ação**

Como ações básicas necessárias à melhoria da gestão do planejamento da irrigação e da eficiência e sustentabilidade dos projetos sugerem-se entre outras:

- Monitoramento dos projetos de irrigação em operação, principalmente aqueles com problemas de profundidade e drenagem visando o controle da salinidade e o desenvolvimento de práticas de manejo adaptadas às suas características e que viabilizem a sua sustentabilidade.

- Avaliação econômica dos perímetros em operação visando definir produtividade e os custos de produção e desenvolvimento das terras, as culturas viáveis e a capacidade de pagamento das mesmas.

- Elaboração de especificações detalhadas para classificação de terras para irrigação, com base no monitoramento e avaliação econômica dos projetos em operação.



- Realização de obras de drenagem geral em todos os projetos.
- Treinamento e assistência técnica permanentes visando à melhoria do nível dos irrigantes.

É indispensável que sejam retomados os Investimentos governamentais em uma política séria de expansão da irrigação, em bases eficientes e sustentáveis, através da reestruturação de instituições como CODEVASF e DNOCS, para que voltem a exercer seu papel no planejamento, implantação e operação dos perímetros irrigados e do estímulo ao envolvimento das Instituições de Pesquisas e Universidades na solução dos problemas de manejo das áreas irrigadas.

### **Referência Bibliográfica**

CARTER, Val H. Classificação de terras para irrigação. Brasília, Ministério da Integração Regional, Secretaria de Irrigação, 1993. 208p. (Manual de Irrigação, v.2).

COMPANHIA DO DESENVOLVIMENTO DO VALE DO SÃO FRANCISCO-CODEVASF. Projeto semi-árido: proposta de desenvolvimento sustentável da bacia do rio São Francisco e do semi-árido nordestino. Brasília, CODEVASF, 1996: 60p.

RIBEIRO, M. R. A pedologia e o planejamento da irrigação no Nordeste do Brasil: uma avaliação crítica. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.28:3 p.13-15, 2003.

SANTOS, E. E. F. Influência da agricultura irrigada nas propriedades de latossolos e podzólicos da região do Submédio São Francisco. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998. 103p. (Tese de Mestrado).

SOUZA MELLO, F. E. Reconhecimento agrológico da Bacia de Irrigação do Açude Público São Gonçalo (PB). Recife, Boletim do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 24:15-164, 1966 (Série Planejamento, Estudos e Projetos).



## Sistemas Conservacionistas de Uso do Solo

Calegari, A.<sup>(1)</sup>; Costa, A.<sup>(1)</sup>

(1) Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375, CEP 86.001-970, Londrina -PR, < [calegari@iapar.br](mailto:calegari@iapar.br) >

**RESUMO:** Nas condições tropicais e subtropicais, a mata nativa significa um equilíbrio ambiental entre solo e vegetação que devemos ter por objetivo ao propor sistemas conservacionistas de produção. Provavelmente, este equilíbrio terá reflexos na biodiversidade vegetal e animal.

A destruição das florestas visando a produção intensiva de grãos sem utilização de rotação de culturas e a destruição dos resíduos vegetais sem a reposição adequada de nutrientes reduziu drasticamente a fertilidade do solo pela diminuição do estoque de COS e da estabilidade estrutural.

A adoção de métodos adequados de manejo do solo e da água, considerando o não preparo do solo (SPD), a rotação de culturas e o uso de culturas de cobertura, assim como a produção agroecológica e a integração lavoura e pecuária, são formas de desenvolver uma agropecuária que minimize os impactos dos sistemas de produção e possa também ser empregado na recuperação de solos degradados. Assim, devem ser incentivadas pesquisas regionais com espécies de plantas adaptadas às condições edafoclimáticas, rotações de culturas inseridas nos distintos sistemas de produção, dentro de uma visão sistêmica, considerando-se os aspectos econômicos, ecológicos e sociais, objetivando de forma equilibrada uma exploração sustentável dos recursos naturais e melhor qualidade de vida aos produtores.

**Palavras-chave:** rotação de culturas, plantas de cobertura, plantio direto

### Introdução

O uso indevido dos recursos naturais com a exploração intensiva das áreas agrícolas através de preparo convencional do solo, aração e gradagens, queima dos resíduos vegetais, e pouca incorporação de carbono orgânico, seguido, em geral, da não reposição adequada de nutrientes, perdidos pela ocorrência da erosão ou extraídos através das colheitas, tem contribuído para degradação dos solos ao longo dos anos e para a diminuição gradativa da fertilidade e da capacidade produtiva das terras agrícolas do estado do Paraná e também de outros estados brasileiros.

Normalmente nas áreas que são mantidas sem cultivo ou vegetação, as perdas dos nutrientes por lixiviação, ou mesmo por sedimentos ou por água em suspensão através das enxurradas são bem maiores em relação a uma área com cultivo.

Quando o solo encontra-se com cobertura vegetal, a perda de solo e água é menos intensa, ocorre reciclagem dos nutrientes através das raízes das diferentes plantas melhoradoras de solo, cujos resíduos contribuirão para a manutenção e/ou recuperação da matéria orgânica do solo agrícola. A matéria orgânica é responsável pela maior parte da CTC dependente de pH dos solos brasileiros, influenciando diretamente em várias características edáficas e alterando o ambiente a ser explorado pelas raízes das culturas e, promovendo conseqüentemente benefícios na relação solo-água-planta. Inúmeras vantagens podem advir com o uso dessa prática, as mais perceptíveis aos produtores são aquelas de efeito imediato, como: economia de fertilizantes nitrogenados, diminuição da necessidade do uso de herbicidas no controle das invasoras com conseqüente economia de mão-de-obra e insumos, maior estabilidade de produção e maiores produtividades.

De outro lado, a constatação de que o efeito estufa provoca mudanças climáticas e que essas mudanças podem proporcionar alterações na distribuição e volume de precipitação, com previsão na diminuição no número de eventos e no aumento da intensidade de chuvas predispõe a atividade agropecuária a riscos ainda maiores de erosão, com conseqüente perda de solo, de água e de nutrientes e diminuição da produtividade agrícola. Esse quadro agrava a prática da agricultura convencional, que tem como característica do sistema de preparo inicial o revolvimento do solo. Esse processo ao longo do tempo provoca a redução da matéria orgânica do solo, causa primeira da degradação dos solos em regiões tropicais e responsável pela queda do rendimento na agricultura. Contrariamente, a agricultura conservacionista tem por premissa o uso de práticas que mantém e aumenta o teor de matéria orgânica nos solos.



Trabalhos de pesquisa com diferentes espécies de plantas de cobertura de primavera/verão e outono/inverno no sistema de plantio direto, realizados em diferentes condições agroecológicas do Paraná e, muitas dessas espécies com potencial de uso no Sudeste brasileiro, têm mostrado a eficiência destes sistemas no equilíbrio e melhoria dos atributos do solo. As espécies que mais se destacam são: aveia preta (*Avena strigosa*), tremoços (*Lupinus sp.*), ervilhaca peluda e comum (*Vicia villosa*, *Vicia sativa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), ervilha (*Pisum sativum*), Mucunas (*Mucuna pruriens*), Crotalaria juncea (*Crotalaria juncea*), Guandu (*Cajanus cajan*), capim Moha-Iapar (*Setaria italica*), caupi (*Vigna unguiculata*), milheto (*Penisetum americanum*), calopogonio (*Calopogonium mucunoides*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), etc. Os efeitos mais pronunciados são: físicos (aumento dos índices de estabilidade dos agregados do solo, e elevação dos níveis de infiltração de água); químicos ( aumento dos teores de N, P, K, Ca, Mg e das matéria orgânica na superfície do solo e diminuição de alumínio tóxico no solo) (CALEGARI, 2006); biológicos, (incremento da meso-macro e micro fauna e flora assim como efeitos na redução de populações de fitonematóides), além dos efeitos alelopáticos (afetando qualitativa e quantitativamente distintas populações de invasoras) (TEASDALE ET AL., 2007). Estes efeitos têm possibilitado um aumento nos rendimentos do milho, feijão e soja. Estimativas mostram que o plantio direto ocupa mais de 5.7 milhões de hectares no Paraná, enquanto que em todo o Brasil já são mais de 25 milhões de hectares em plantio direto (FEBRAPDP, Informação pessoal).

Define-se como agricultura conservacionista o conjunto de práticas que tem por objetivo conservar, melhorar e utilizar mais eficientemente os recursos naturais mediante o manejo integrado do solo, da água e dos recursos biológicos disponíveis e o uso de métodos agronômicos que privilegiam a combinação harmônica de métodos de conservação do solo e da água, o manejo integrado de pragas, doenças e plantas invasoras, a visão holística da fertilidade do solo (FAO, 2002).

Preconiza-se que a agricultura conservacionista contemple as seguintes práticas agronômicas: utilizar o solo de acordo com a capacidade de uso; redução ou eliminação do revolvimento do solo; manutenção de resíduos culturais na superfície do solo; manter o solo com cobertura permanente; ampliação da diversidade de cultivos com rotação de culturas; múltiplas culturas e consórcio de culturas; uso de adubos verdes ou plantas de cobertura de solo; diversificação de sistemas agrícolas produtivos e adoção de sistemas mais complexos como sistemas agropastoris, agroflorestais e agrossilvipastoris; manejo integrado de pragas, doenças e de plantas invasoras; controle do tráfego de máquinas e de equipamentos e uso racional de agroquímicos (DENARDIN ET AL., 2005)

Acrescenta-se aos requisitos acima que a microbacia hidrográfica deve ser a unidade básica das atividades na prática da agricultura conservacionista. É a microbacia uma área fisiográfica drenada por um curso d'água ou por um sistema de cursos de água conectados e que convergem, direta ou indiretamente para um leito ou para um espelho d'água, constituindo a unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente naturalmente definido (MACHADO E STIPP, 2003).

Das práticas preconizadas na agricultura conservacionista aquelas relacionadas aos sistemas de cultivo - plantio direto, integração agropecuária e floresta, cultivos perenes, cultivos agroecológicos – são decisivas para o manejo e conservação do solo e da água e serão destacadas nesse artigo.

### **Sistematização em Microbacias Hidrográficas**

No enfoque dos trabalhos em Microbacias, embora seja embasado na implementação das técnicas integradas, objetivando a recuperação das áreas, nos seus respectivos aspectos: químicos, físicos, biológicos e na integração das atividades humanas, o agricultor é o principal ator do processo. Este agricultor poderá facilitar ou dificultar as ações a serem desenvolvidas, participando ativamente, ou não, desta concepção de trabalho, que não é individualizada e sim conjunta através de práticas agrícolas integradas no âmbito do sistema microbacia hidrográfica (MACHADO E STIPP, 2003).

O uso da bacia hidrográfica como unidade de trabalho busca atingir a eficácia da integração de um conjunto de práticas de manejo de solos e água, com vistas à manutenção do equilíbrio dos recursos ambientais, de modo a proporcionar um desenvolvimento adequado e sustentável das atividades agropecuárias na área de abrangência da microbacia.

O planejamento ambiental em bacias hidrográficas vem se constituindo, nas últimas décadas, no caminho mais propício para o desenvolvimento de atividades de enfoque sistêmico na aplicação de projetos de pesquisa e desenvolvimento. O enfoque deve ser participativo na geração e validação de tecnologias



adaptadas às condições agro-ecológicas e socioeconômicas das diferentes regiões, objetivando a implementação de ações que visem reverter quadros de degradação ambiental.

Os Comitês de Microbacias Hidrográficas, com autoridade para planejar e administrar os recursos de forma integral, deveriam ser implementados e, representariam um avanço, principalmente onde o recurso hídrico é escasso ou mal distribuído e as necessidades de uso de água na agricultura, indústria ou centros urbanos em normalmente é maior. Apesar do uso e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas serem individuais, existem muitos benefícios que transcendem a unidade de trabalho e se tornam coletivos, justificando o estabelecimento de pagamento por serviços ambientais (COSTA ET AL., 2006).

Atualmente, além da água, principalmente pela sua escassez, nos centros urbanos e algumas áreas agrícolas, as ações desenvolvidas para recuperação ambiental de uma área, devem contemplar o desenvolvimento de projetos que envolvam os vários elementos do ambiente como o solo, vegetação, fauna, de forma integrada e, que proporcione melhores resultados e racionalidade no emprego dos escassos recursos (MACHADO E STIPP, 2003).

### **Sistemas Conservacionistas de Uso do Solo em Cultivos Anuais**

A exploração contínua do solo em formas não adequadas de manejo, quer pela prática excessiva de preparo do solo com equipamentos não apropriados ou o preparo do solo realizado em condições não adequadas (umidade elevada), ou ainda pela não observância de seqüência de cultivos favoráveis à manutenção das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, tem alterado sobremaneira os seus atributos comprometendo seu potencial produtivo.

Essa forma desordenada de manejo do recurso natural tem causado queda nos níveis de matéria orgânica, seguida de reduções nos teores de nutrientes disponíveis, diminuição da atividade biológica (micro, meso e macro fauna e flora) do solo, alterações físicas desfavoráveis que ocorrem no perfil do solo, com conseqüente degradação do solo.

O desencadeamento do processo de erosão hídrica do solo ocorre através da ação seqüencial de vários fatores. Inicialmente, quando solo não se encontra devidamente protegido por cobertura vegetal, o impacto das gotas de chuva sobre a superfície do terreno causa a desagregação das partículas do solo e o “selamento superficial” que é o entupimento dos poros da superfície do solo, com conseqüente diminuição da infiltração da água no solo. Assim, a água poderá acumular-se superficialmente ou descer para áreas de menor declive, formando as enxurradas que causam o arrastamento das partículas que se encontram em suspensão, provocando a erosão (ambas; entre sulcos e em sulcos). Quando a água escoar na superfície do solo e concentra-se em sulcos de semeadura, marcas de pneus etc., há um substancial aumento na sua capacidade de desagregação e transporte, podendo ocorrer erosão em sulcos.

Caso a superfície do solo esteja adequadamente protegida por cobertura vegetal (verde ou morta), a energia cinética da chuva será absorvida e o seu impacto sobre o solo será amortecido, reduzindo-se, dessa forma, os efeitos da desagregação e o arrastamento das partículas. Da mesma forma, a presença de cobertura vegetal irá contribuir para a diminuição da velocidade de escoamento das enxurradas.

O plantio direto é um sistema de exploração agrícola que envolve diversificação de culturas, por meio da rotação de culturas. Este sistema se iniciou no Brasil com a experiência pioneira do agricultor, o Sr. Herbert Bartz em Rolândia, norte do Paraná, em 1972, expandindo-se ao longo dos anos para outras regiões do estado, assim como para outros estados e países. O primeiro Instituto de Pesquisa Agrícola a efetuar trabalhos de P&D foi o IAPAR no Paraná, e atualmente este estado que cultiva cerca de 5.7 milhões de hectares com SPD, constituindo-se na maior área com este sistema no Brasil.

No SPD a implantação da cultura ocorre com a mobilização do solo somente na linha de semeadura; portanto, sem revolvimento do solo. Os resíduos vegetais da cultura anterior são mantidos na superfície do solo. Assim, essa modalidade de cultivo atende os requisitos de sistema conservacionista de uso do solo para cultivos anuais.

O fato do sistema plantio direto enfatizar as práticas vegetativas de conservação do solo, negligenciadas no sistema convencional, não deve significar que outras práticas, notadamente as mecânicas, não devam ser usadas em SPD. O manejo de culturas é eficiente na dissipação da energia que provoca processos erosivos. Entretanto, há limites críticos de comprimento de declive em que essa eficiência é superada ocorrendo, nesse caso, erosão hídrica (KOCHHANN ET AL., 2005).



A cobertura do solo por plantas vivas ou por resíduos culturais apresenta potencial para dissipar até 100% da energia cinética da gota da chuva, mas não tem a mesma eficácia na contenção da energia de cisalhamento da enxurrada. A partir de determinado comprimento de declive, a capacidade de dissipação da energia da enxurrada, pela cobertura vegetal na superfície do solo, é superada. Nessa condição a energia de cisalhamento da enxurrada é superior à tensão crítica de cisalhamento imposta pela cobertura vegetal e pelo solo e, toda a prática conservacionista capaz de manter o comprimento de declive restrito a limites em que a cobertura vegetal não perca a eficiência na dissipação da energia incidente contribuirá para minimizar o processo de erosão (KOCHHANN ET AL., 2005).

Em comprimentos de declive longos o terraceamento é uma prática, desde que bem planejada, eficiente de controle da erosão em sistema plantio direto. Reduzindo a velocidade da enxurrada e seu potencial de destruição dos agregados do solo e, portanto, a erosão, além de subdividir o volume do escoamento superficial possibilitando a infiltração da água no solo. Desse modo, o terraceamento impede a formação de sulcos e de voçorocas e aumenta a retenção de água no solo, fator decisivo para estabilidade e aumento da produtividade agrícola.

A retirada dos terraços no cultivo em sistema plantio direto teve por conseqüência a semeadura e as práticas culturais executadas no sentido da declividade do terreno acentuando a formação de sulcos nesse sistema de cultivo. A eficiência do terraceamento no sistema plantio direto, entretanto, está em associá-lo a outras práticas conservacionistas como semeadura em contorno, aplicação de agrotóxicos (herbicidas, inseticidas e fungicidas) em nível, culturas em faixas, vegetação de terraços e sistemas de rotação de culturas que levem em consideração a produção de palha para cobertura do solo.

O sistema plantio direto com qualidade exige planejamento de seqüência de culturas no tempo e no espaço, validadas regionalmente. As combinações de culturas devem assegurar um aporte de matéria orgânica ao solo que proporcione controle de ervas infestantes, menor ocorrência de pragas e doenças, que disponibilize maior volume de água e nutrientes para os cultivos e, por conseqüência, aumento da produtividade do sistema de rotação (MEDEIROS E CALEGARI, 2006; BOLLIGER ET AL., 2006, CALEGARI ET AL., 2007).

A manutenção e/ou adição da matéria orgânica ao solo através da rotação de culturas, incluindo o adequado emprego das coberturas vegetais e o manejo dos resíduos pós-colheita, tende a promover melhorias significativas no sistema produtivo ao longo dos anos, por:

- Melhorar o estado de agregação das partículas.
- Aumentar a capacidade de armazenamento de água.
- Incrementar a biologia do solo (micro, meso e macro fauna e flora).
- Reduzir as perdas e melhorar a solubilização de nutrientes.
- Promover a complexação orgânica do alumínio e manganês.
- Aumentar a CTC do solo (dependente de pH).
- Melhorar a produtividade das culturas.

O sucesso do uso de plantas de cobertura como componentes do SPD, devidamente distribuídas no tempo e seqüencialmente às culturas comerciais, está vinculado à combinação dos vários aspectos inerentes às coberturas vegetais com a infraestrutura disponível na propriedade e considerando as condições ambientais regionais.

O monitoramento contínuo, das áreas com rotação de culturas, é imprescindível para o sucesso do sistema. Assim, espécies a serem incluídas na rotação deverão ser criteriosamente selecionadas, de acordo com as condições, ambientais e de cobertura do solo, prevalentes. O planejamento do sistema deve ser dinâmico. Quando as condições ambientais impõem baixa produção de massa seca de uma determinada gramínea em um período do sistema de rotação planejado, não é indicado, em sucessão, uma espécie que produza biomassa de fácil decomposição, mesmo que sua inclusão esteja prevista no cronograma de culturas. Portanto, mais do que pré-estabelecer uma seqüência, o acompanhamento e o monitoramento das condições do solo são fundamentais para o êxito de um sistema de rotação de culturas.

Resultados de pesquisa e experiências de agricultores, em diferentes regiões produtoras brasileiras, têm mostrado a superioridade de rendimento dos cultivos conduzidos em sistema plantio direto com rotação de culturas. Culturas como soja, milho, algodão, trigo, sorgo, arroz, têm, em diferentes sistemas produtivos regionais, apresentado produtividades superiores ao sistema convencional ou sistema de cultivo mínimo (escarificador ou gradagens), quando cultivado em SPD (DERPSCH ET AL., 1986; CALEGARI ET AL., 2007).



Uma das razões para o aumento de produtividade em SPD é a maior quantidade de água disponível para as culturas. Trabalhos de pesquisa realizados no IAPAR indicam que as rotações envolvendo pousio invernal, com desenvolvimento de vegetação espontânea, são aquelas que têm apresentado menor infiltração de água no solo durante o desenvolvimento da cultura seqüencial. Dentre uma série de espécies cultivadas no inverno com o objetivo de produção de biomassa para cobertura do solo, a aveia preta foi a espécie que apresentou os maiores índices de infiltração de água noventa dias após o corte (ROTH, 1984). O mesmo resultado foi observado após a implantação de sistemas de rotação por 7 anos (CALEGARI ET AL., 1995); os menores índices de infiltração de água foram observados no solo deixado em pousio, indicando a necessidade de inclusão de plantas de cobertura no cronograma seqüencial de cultivos.

Atualmente procura-se manejar a produção de cultivos anuais, caracterizados pelo uso intensivo do solo combinando conservação do solo e da água com elevadas produtividades físicas, buscando a sustentabilidade do sistema de produção a longo prazo. Assim, é necessário identificar sistemas que consigam integrar e contribuir para uma maior biodiversidade, diversificação na produção, uso, reciclagem e melhor aproveitamento de nutrientes e corretivos, manutenção e recuperação dos atributos do solo (químicos, físicos e biológicos). Dessa forma, a integração das práticas, ordenadamente sistematizadas, permitem avanços não apenas na agricultura como um todo, como também nas condições socioeconômicas dos produtores rurais.

Os resultados com o SPD, incluindo plantas de cobertura e rotação de culturas tem mostrado nas mais diversas regiões agrícolas brasileiras, um aumento de produtividade nas culturas, menor necessidade de mão-de-obra, diminuição das necessidades de insumos externos (menor custo de produção) e, um conseqüente aumento da renda líquida na propriedade.

### Sistemas Conservacionistas de Uso do Solo em Cultivos Perenes.

Trabalhos de pesquisa realizados no Brasil têm comprovado a eficiência do uso de plantas de cobertura de outono/inverno e/ou primavera/verão intercaladas à diferentes culturas perenes como cafeeiro, citrus e videira. O uso das diferentes plantas tem promovido benefícios ao solo e aumentado o rendimento das culturas. Esta prática tem proporcionado diminuição da erosão do solo, menor incidência de plantas invasoras, aporte de nitrogênio ao sistema quando se utiliza leguminosas, reciclagem de nutrientes, aumento no vigor das plantas e aumento na produtividade das plantas cultivadas (NAZRALA E MARTINEZ, 1976; DAL BÓ & BEDCKER, 1987; CALEGARI ET AL., 1993).

Resultados obtidos por DAL BÓ, 1989 (citado por CALEGARI ET AL., 1993) em Videira – SC mostram que a presença de cobertura perene do solo, com conseqüentemente competição com a videira reduzindo seu rendimento (Tabela 1).

**Tabela 1.** Produção de uva, teor de açúcar e acidez do mosto em função das diferentes coberturas vegetais (2 anos de experimentação, 1988- 1989). EMPASC, Videira,SC.

Tratamentos	Produção média (t/ha)	Açúcar (°Brix)	Acidez (meq/l)
Ervilhaca comum	26,1	16,4	69
Ervilhaca (dessecação)	34,5	16,1	66
Vegetação nativa roçada	23,9	16,7	68
Solo descoberto	28,8	16,7	64

Fonte: Estação Experimental Videira – SC (1989, citado por CALEGARI ET AL., 1995).

No tratamento com dessecação, a ervilhaca comum foi dessecada no início da brotação da videira, ocorrendo a mineralização dos resíduos e conseqüente aumento na disponibilidade de nitrogênio e outros nutrientes, justificando os maiores rendimentos de uva. Por outro lado, quando a leguminosa vegetou por um maior tempo esse fato não ocorreu, havendo ainda, competição por água entre as plantas. O solo mantido descoberto, prática não recomendada em sistema conservacionista do solo, apresentou maior rendimento da videira, quando esse tratamento foi comparado à área com vegetação nativa roçada.

Os resultados acima, assim como outras experiências de agricultores, sugerem que o uso de plantas de cobertura de inverno deve ser conduzido de forma a não promover competição com a videira e, o manejo do nitrogênio também deve ser priorizado em razão da elevada resposta da videira a esse nutriente. No início da brotação da videira, o solo não deve estar coberto por invasoras ou plantas de cobertura, por ser este um



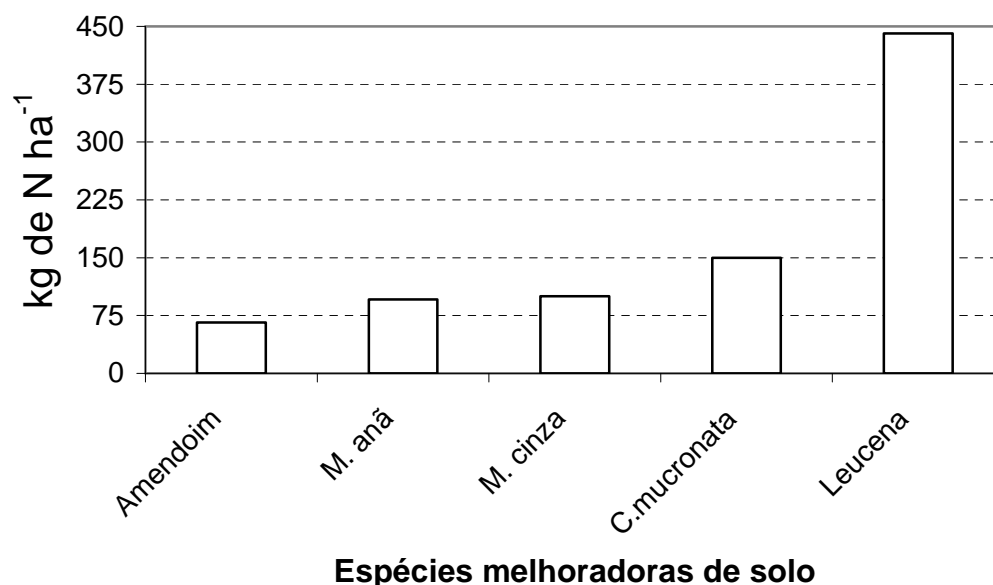
período crítico de exigência de água e nutrientes Dessa forma, uma alternativa de manejo da cobertura vegetal perene sobre a área da videira, seria manejar as plantas próximas às linhas da videira (40 a 60 cm. de cada lado da linha de plantas de uva). O manejo pode ser mecânico: gadanha, foice, roçadeira, etc., ou ainda através de herbicidas dessecantes.

Pesquisas desenvolvidas no Paraná demonstraram que a massa vegetal dos adubos verdes incorporada ao solo reduz os teores de Al trocável (MIYAZAWA et al., 1993), aumenta o pH, a agregação das partículas do solo, melhorando sua capacidade produtiva (PAVAN et al., 1995; GOMES & CHAVES, 1994) e reduz a lixiviação do  $\text{NO}_3^-$  (PAVAN & CHAVES, 1998).

Verifica-se que algumas espécies, particularmente as de crescimento rasteiro, se desenvolvem mais rapidamente e promovem melhor proteção ao solo em relação às de crescimento erecto ou semi-erecto. As espécies rasteiras são mais adaptadas para as lavouras cafeeiras implantadas em sistemas tradicionais de cultivo, enquanto as semi erectas são mais indicadas para as lavouras implantadas nos sistemas medianamente adensado e adensado (CHAVES, 2005). As leguminosas de crescimento erecto são indicadas para lavoura super adensadas. Áreas com relevo ondulado a montanhoso, onde os prejuízos causados pela erosão sempre são maiores, as espécies de crescimento rasteiro e com maior velocidade e cobertura devem ser preferidas.

De outro lado adubação verde com plantas fixadoras de nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$ ) é uma das formas mais eficientes de utilização deste processo para fins agrícolas; portanto esta prática deveria ter seu uso incrementado nos diversos sistemas de produção (CHAVES, 2005) (Figura 1).

Estes resultados demonstram a viabilidade da prática de adubação verde e a possibilidade de redução do uso de nitrogênio mineral nas culturas comerciais e, assim, diminuir a dependência do produtor pelo fertilizante industrializado e os custos de produção. Os adubos verdes proporcionam pelo menos duas grandes vantagens à lavoura comercial: cobertura do solo e fornecimento de nutrientes. O cafeeiro tem uma demanda nutricional maior no período que coincide com o máximo desenvolvimento vegetativo e com o crescimento vigoroso dos frutos, aumentando significativamente nos anos de grande produção. Após o corte, toda massa vegetal deixada na superfície do solo rapidamente se decompõe, em virtude da grande atividade biológica (COLOZZI FILHO, 1999) nesta época, (umidade e temperatura elevadas) e baixa relação C/N, disponibilizando os nutrientes ao cafeeiro (CHAVES e CALEGARI, 2001).



**Figura 1.** Nitrogênio acumulado na biomassa de algumas espécies leguminosas

A forma de utilização dos adubos verdes nos diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro obedece a uma regra simples e eficiente, lavouras tradicionais (espaçamentos largos) de café recebem preferentemente adubos verdes de crescimento rasteiro e lavouras adensadas, adubos verdes de crescimento erecto ou semierecto devido ao menor espaço para crescerem. As espécies com hábito de crescimento indeterminado, como a mucuna cinza, mucuna preta, devem ter seus ramos laterais podados quando atingirem o cafeeiro.



A Tabela 2 mostra as diferentes alternativas para utilização das espécies de adubos verdes conforme o sistema de cultivo do cafeeiro.

Para a cultura do café, o manejo (corte) das espécies de ciclo anual é realizado no florescimento pleno e pode ser feito manualmente com enxada, quando a área for pequena, ou através de roçadeira ou rolo-faca. A massa produzida geralmente permanece na superfície do solo, como uma camada (mulching) protetora do solo, até sua decomposição total. Em relação à leucena que é uma leguminosa perene e apresenta crescimento semi erecto, seu cultivo deve ser realizado somente nas entrelinhas de cafeeiros cultivados no sistema tradicional.

**Tabela 2.** Marcha de crescimento das leguminosas após a sementeira

I. ESPÉCIES leguminosas	II. DIAS APÓS A SEMEADURA (DAS)								
	15	30	45	61	77	92	107	122	137
	-----largura da cobertura do solo em cm na linha -----								
Crotalaria breviflora	2,39	7,34	12,43	43,18	63,00	64,00*			
Crotalaria spectabilis	1,90	4,48	6,42	10,74	26,77	40,00	42,37*		
Amendoim cavalo	11,50	21,28	39,96	63,50	93,84	118,93	135,00	160,00*	
M.cinza	18,12	26,87	49,40	74,05	133,15	170,40	200,00	240,00	270,00*
M. anã	13,27	24,81	45,40	69,21	84,01	86,09*			
Caupi	5,46	20,40	38,59	64,71	92,00	95,49*			
Leucena	36,78**	58,15	120,90	172,84	230,28	230,43*			

Fonte: CHAVES, (2005). \* Época do corte \*\* 23 dias após o manejo (corte)

A leucena aceita muito bem a poda e recupera-se, prontamente, após esta prática. São realizados de 03 a 04 cortes anuais, sempre com a leucena mais baixa que o cafeeiro; toda a biomassa, a exemplo dos demais adubos verdes, é distribuída superficialmente, na entrelinha. Para facilitar a colheita do café, é necessário fazer, antes, uma poda bem baixa da leucena e juntar toda biomassa no centro da entrelinha (CHAVES, 2005).

### Sistemas Conservacionistas de Uso do Solo na Integração Agropecuária.

As premissas básicas para a sustentabilidade da agropecuária brasileira estão alicerçadas na recuperação das áreas degradadas por cultivos agrícolas e por exploração pecuária, na necessidade de preservação ambiental e no aumento da produtividade dessa atividade. Esses objetivos devem ser alcançados com redução nos custos de produção das atividades agropecuárias, agregação de valor aos produtos gerados e uso intensivo da área de produção. A melhor alternativa para compatibilizar essas premissas e objetivos é a prática da integração lavoura e pecuária em sistema plantio direto de produção.

No passado a introdução de agricultura na área de pecuária limitava-se ao período de reforma da pastagem.

Na integração lavoura / pecuária conduzida adequadamente, onde o solo, as plantas, e os animais são manejados equilibradamente, os resultados alcançados quer seja nos Estados do Sul do Brasil, Paraná, SC e RS, assim como também no Sudeste e Cerrados têm sido bastante promissores, pois além de conservar o solo tem promovido uma agregação de valores à propriedade com ganhos extras da produção animal (carne, leite), e também pelo maior equilíbrio nas propriedades do solo, tem aumentado os rendimentos de grãos de milho e soja na rotação.

No Paraná, particularmente na região Noroeste do Estado, constatada a degradação da pastagem, com predomínio de espécies de baixo valor nutricional como a grama mato grosso (*Paspalum notatum*), preparava-se o solo e implementam-se práticas como correção, adubação e cultivo de plantas anuais: milho, algodão ou soja. Em seguida retomava-se a pastagem até nova reforma.



O sucesso da exploração de atividades agrícolas e pecuárias impõe um bom planejamento da atividade, que deverá considerar todos os aspectos relacionados a solo, clima, infraestrutura da propriedade, conhecimento e manejo das espécies forrageiras e culturas agrícolas a serem empregadas e rotacionadas na exploração integrada, além de capacitação e gerenciamento do produtor rural, que terá um sistema mais complexo de administração.

Hoje já existem inúmeras ofertas tecnológicas aplicáveis a várias situações de cultivo e de exploração pecuária, em diferentes regiões brasileiras. A integração pode ser feita pelo consórcio, sucessão ou ainda rotação de culturas anuais com forrageiras. Os objetivos da integração também podem ser variados. Na atividade pecuária esses objetivos vão desde a recuperação de pastagens degradadas, manutenção de altas produtividades de forragem e principalmente, produção forrageira na entressafra. Na exploração agrícola objetiva-se a quebra do ciclo de pragas, doenças e plantas daninhas e melhoria na conservação do solo e da água. No sistema como um todo se busca um aumento de renda e da estabilidade de produção (KLUTHCOUSKI E YOKOYAMA, 2003).

Em áreas com solos e pastagens degradadas os sistemas de consórcio, rotações e sucessões são práticas com possibilidade de utilização para recuperá-las. Os consórcios incluindo forrageiras tropicais são possíveis pelo diferencial de tempo e acúmulo de biomassa ao longo do ciclo das espécies. Enquanto as gramíneas forrageiras tropicais, especialmente as brachiárias, possuem lento acúmulo de matéria seca da parte aérea nos primeiros 50 dias de emergência, a maioria das culturas anuais tem rápido desenvolvimento inicial e tem período crítico de interferência por competição com outras espécies nesse período, justamente de pouco desenvolvimento das brachiárias.

A brachiaria pode ser semeada simultaneamente com a cultura do milho ou da soja, ou ainda 15-25 dias após a semeadura do milho, nas entrelinhas. Devido ao lento desenvolvimento inicial da gramínea ela não concorre com os cultivos anuais. Durante o cultivo e após a colheita dessas culturas, a brachiaria se desenvolve podendo ser utilizada para pastoreio, em período de escassez de pastagem. Posteriormente pode ser usada como planta de cobertura de solo, produzindo palha para o plantio direto da próxima safra de cultura anual (COBUCCI ET AL., 2001, CRUSCIOL E BORGHI, 2007). Neste sistema de consórcio o milho apresenta vantagens em relação à soja, por apresentar maior taxa de crescimento, sendo pouco afetado pela competição com a brachiaria. No caso da soja, é necessária aplicação de herbicidas, normalmente metade da dosagem recomendada, para reduzir o crescimento da brachiaria e evitar a competição. Sistemas de integração lavoura-pecuária ou de recuperação de pastagens com o plantio direto, vêm sendo largamente utilizados como sistemas recuperadores e conservacionistas de solos nas regiões tropicais e subtropicais brasileiras.

Outros sistemas de consorciação são relatados por SILVA E RESCK (1997) e SÉGUY ET AL., (1997), com o uso de estilósantes (*Stylosanthes guianensis*) ou calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) em plantios consorciados nas entrelinhas do milho. Estas espécies têm crescimento inicial lento. Desse modo não há perdas de produtividade do milho, por competição com as com espécies em consórcio, que somente terão seu crescimento acelerado, acumulando grande massa vegetal, quando o milho inicia o processo de secagem (SKORA NETO, 1993a,b). CALEGARI (2000), apresenta outras alternativas de consórcio incluindo espécies como a crotalária (*Crotalaria juncea*), o guandu (*Cajanus cajan*), as mucunas (*Mucuna* spp.), que em situações determinadas poderão ser consorciadas com milho ou sorgo.

Percebe-se o avanço de áreas do estado do Paraná e região sudeste com o uso da integração lavoura e pecuária, onde vários resultados favoráveis e tendências têm sido relatados e confirmados por distintos produtores das mais diversas regiões.

Após a colheita da soja em março, ou antes da colheita (30-40 dias) se implanta cultivos forrageiros de outono/inverno. Após o pastoreio de outono/inverno/início de primavera, deixa-se as espécies vegetar por no mínimo 45 dias para que possam produzir biomassa que cubra bem o solo. Posteriormente desseca-se a planta de cobertura com herbicidas para iniciar nova semeadura de soja, ou de milho, no sistema de plantio direto.

Para alguns produtores que cultivam milho precoce, após a colheita, em fins de janeiro/meados de fevereiro, é possível semear sorgo ou milheto para pastejo até abril/maio. Em algumas situações, cultivam-se espécies consorciadas e depois de realizar o pastejo, planta-se novamente, soja, em novembro. Os produtores que estão utilizando estes sistemas estão alcançando considerável ganho de peso animal no inverno, além dos efeitos químicos/físicos/biológicos favoráveis no solo contribuir para o aumento nas culturas de verão (soja, milho, sorgo, etc.).



Algumas estratégias sequenciais de culturas em exploração lavoura e pecuária são citadas a seguir:

1) Em áreas de culturas anuais, por exemplo, após a colheita da soja, poderá ser semeado o milho, sorgo, crotalarias (principalmente juncea e spectabilis), girassol, guandu, ou capim pé-de-galinha gigante, conforme as condições locais. Estes materiais, com exceção do girassol, que poderá ser usado para produção, devem ser pastejados no outono-inverno (2 a 3 pastejos). Os animais devem ser retirados da área em pastejo quando as plantas estiverem com altura entre 10-20cm. Antes da implantação da cultura de verão, em outubro/novembro, dessecar a planta para cobertura do solo. Nos anos posteriores essa sequência é repetida, podendo rotacionar os talhões, conforme as condições específicas das áreas e dos interesses do produtor (produção de grãos, integração pecuária x grãos).

2) Em áreas de pastagens degradadas, que representa cerca de 50% das pastagens dos Cerrados do Brasil, recomenda-se calagem da área, com posterior escarificação caso haja compactação, seguido de dessecação leve do pasto. Para recuperação semear o guandu a 60 cm entre linhas e caso o pasto esteja bem ralo semeia-se também a gramínea, adubando-se somente o guandu na linha de plantio com fósforo e potássio. O guandu e o pasto desenvolvem-se simultaneamente, sendo que em abril-maio o guandu estará em fase de florescimento/enchimento de grãos, podendo ser pastejado pelo gado, deixando-se 20-30 cm para posterior rebrota e novos pastejos. Em setembro/outubro realiza-se uma dessecação leve para a semeadura do milho, soja ou sorgo para grãos e também para crescimento e recuperação do pasto. Este sistema pode promover uma adequada recuperação do solo em 2 a 3 anos, com conseqüente estabelecimento de uma pastagem rentável e de alta qualidade.

A definição das opções de espécies para comporem os sistemas sequenciais de culturas em rotação ou sucessão dependerá de um adequado diagnóstico das condições locais e infraestrutura do produtor. As condições de solo, químicas, físicas e biológicas, assim como a ocorrência de pragas e/ou doenças (nematóides), bem como os interesses do produtor são fundamentais para a definição da (s) espécie (s) a serem implantadas. As espécies produtoras de biomassa, as culturas principais e os sistemas de rotação devem ser criteriosamente escolhidos e adaptados às particularidades regionais.

### **Sistemas Agroecológicos de Produção.**

O sistema agroecológico é a forma mais abrangente de produção em agricultura conservacionista. Sua prática prevê o resgate e disseminação de variedades regionais de plantas, a rotação e o consorcio de cultivos, as práticas ecológicas de manejo de solos, a utilização de caldas e biofertilizantes foliares no controle de pragas e doenças, o uso de sistemas de cultivo e criação na mesma propriedade, a criação de suínos ao ar livre e a homeopatia de uso animal. Essas práticas, dentre várias outras, são utilizadas no processo de reestruturação, sob um enfoque ecológico, dos sistemas produtivos da região Sul do país (SCHMIDT, 2002). Portanto, os sistemas agroecológicos incluem práticas conservacionistas de uso do solo e água, mas vão além. Aqui será dada ênfase ao uso do solo e água.

O manejo adequado da matéria orgânica, principalmente em solos tropicais e subtropicais desempenha papel fundamental na produção agrícola, quer como reserva de nutrientes, quer como condicionadora e melhoradora das características do solo, sendo pois imprescindível no manejo agroecológico do solo. Assim, deve-se buscar formas manutenção e/ou aumento do conteúdo no solo.

O aumento da matéria orgânica no solo está diretamente ligado ao aumento na adição de carbono e/ou redução da taxa de decomposição dos materiais orgânicos frescos (MOF) e húmus. Uma forma de adicionar carbono ao longo dos anos é pela vegetação espontânea (invasoras), pelo cultivo de espécies perenes, de pastagens ou através da prática ordenada de sucessões, rotações e/ou consorciação de culturas (sistemas), com elevada capacidade de produção de fitomassa que incluam conjuntamente cultivos comerciais e recuperadores de solos.

A redução na taxa de decomposição dos MOF e húmus é obtida através de redução do revolvimento do solo, quer pela decisão de um manejo através do sistema de plantio direto ou pela implantação, em condições adequadas, de pastagem perene.



As plantas de cobertura, e a rotação de culturas promovem através dos efeitos de suas raízes e resíduos, uma maior infiltração e armazenamento de água no solo, diminuição de problemas fitossanitários, controle da erosão, reciclagem de nutrientes, apesar de percebidas, nem sempre são devidamente valorizadas.

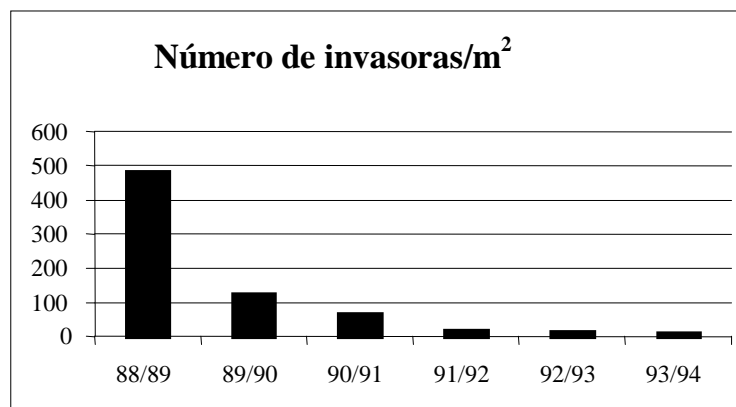
Diante dessas constatações, comum em diferentes sistemas de produção do Sul e do Sudeste brasileiro, o manejo e o aproveitamento racional de diferentes fontes de resíduos orgânicos produzidos na propriedade é de fundamental importância e os agricultores devem fazer uso de todos os materiais que estiverem à sua disposição, plantas de cobertura, resíduos vegetais, estercos, compostos, resíduos industriais, etc. Esses materiais quando adicionados ao solo, promoverão significativas melhorias, repercutindo em condições mais favoráveis ao desenvolvimento e rendimento final das culturas.

A inserção planejada de diferentes espécies de plantas de cobertura nos sistemas de produção regionais e as seqüências de culturas, conduzidas em plantio direto, sem o uso de pesticidas e ou insumos externos, é uma alternativa viável para sistemas de produção agroecológicos.

Apesar da comprovada e exitosa experiência de inúmeros agricultores, a transição do plantio direto para o sistema agroecológico ainda se encontra, na maior parte dos casos, em fase de desenvolvimento e validação em diversas propriedades nas regiões do Sudeste e Sul do Brasil.

Um dos principais desafios na produção orgânica e também no plantio direto agroecológico é o controle de plantas invasoras, que promovem uma grande competição por luz, água e nutrientes com as culturas em desenvolvimento. Uma das estratégias de manejo das invasoras é o controle da sua ressemeadura, não permitindo que as mesmas ocupem novamente a área anteriormente infestada.

No Sul do Brasil, SKORA NETO (1993b) estudou por vários anos o comportamento de diferentes invasoras e mostrou como é possível diminuir as populações num manejo adequado durante vários anos (Figura 2).



**Figura 2.** Manejo da população de invasoras em sistema plantio direto.

Trabalhos conduzidos por Skora, IAPAR, 2008 (Informação Pessoal) mostram que ao longo dos anos, Figura 2, com a eliminação das plantas invasoras antes de concluir seu ciclo, ocorre a diminuição da população de sementes da área em cultivo. Esse fato acontece como resultado do acúmulo de resíduos vegetais na superfície, associado ao não revolvimento do solo. Portanto, no plantio direto agroecológico, as invasoras são controladas pela cultura de cobertura. Essa cobertura morta é formada pela ação mecânica do rolo-faca. Contrariamente, o pousio é uma prática não recomendada, pois o mesmo facilita o crescimento e proliferação de invasoras, principalmente as espécies perenes, e compromete o rendimento das culturas como pode ser observado nas tabelas 2 e 3.



**Tabela 2.** Sequência de culturas e rendimento de milho e feijão, em kg/ha, no sistema plantio direto agroecológico. (Sítio Terra Viva, Lapa, PR – Sr. Leonardo Valdera Pinto)

Inverno/04	verão 04/05	kg/ha	Outono/05	Inverno/05	Verão 05/06	kg/ha	Inverno/06	verão 06/07	kg/ha
				ervilhaca comum	milho	<b>6025</b>	aveia+ervilhaca	feijão	<b>1554</b>
aveia	feijão	<b>2286</b>	milheto + c. juncea	ervilhaca peluda	milho	<b>6100</b>	aveia	feijão	<b>1644</b>
			milheto + c. juncea	ervilhaca peluda	milho	<b>3784</b>	aveia	feijão	<b>1631</b>
pousio	feijão	<b>2031</b>	pousio	pousio	milho	<b>1985</b>	pousio	feijão	<b>1515</b>

Pelos resultados obtidos, que são experiências de produtores no Centro Sul do Paraná, percebe-se os efeitos favoráveis do uso de plantas de cobertura antecedendo as culturas comerciais, mostrando ao longo dos anos maiores rendimentos e, seguramente maior renda líquida quando comparado à área com pousio invernal.

Na região lindeira à barragem Itaipu Binacional, técnicos de diversos Programas de pesquisa do IAPAR em parceria com a Itaipu a partir de 2004, iniciaram os trabalhos com a implantação de unidades de teste e validação (UTVs) de plantio direto com qualidade em sistema de produção orgânica. O Projeto teve por estratégia de ação a produção máxima de cobertura do solo, minimização da infestação de plantas invasoras, rotação de culturas, adaptações em semeadoras adubadoras de plantio direto para menores mobilizações do solo e máximo atterramento das sementes, além da utilização de equipamentos para manejo da cobertura, em diversas propriedades rurais situadas às margens da represa.

**Tabela 3.** Sequência de culturas e rendimento de milho e feijão, em kg/ha, no sistema plantio direto agroecológico (Sítio Terra Viva, Lapa, PR – Sr. Leonardo Valdera Pinto)

Inverno/04	Verão 04/05	kg/ha	Inverno/05	Verão 05/06	kg/ha	inverno 06	Verão 06/07	kg/ha
ervilhaca comum	milho	<b>3192</b>	pousio	feijão	<b>727</b>	pousio	milho	<b>1738</b>
			aveia comum	feijão	<b>1509</b>	ervilhaca	milho	<b>4829</b>
ervilhaca peluda	milho	<b>5139</b>	aveia Iapar 61 + ervilhaca (ressem.)	feijão	<b>2033</b>	ervilhaca	milho	<b>2840</b>
pousio	milho	<b>1055</b>	Aveia Iapar 61	feijão	<b>1549</b>	ervilhaca	milho	<b>3712</b>

Os resultados até o momento são bastante promissores, e grande partes dos produtores estão satisfeitos com as atividades que, conforme alguns, promove o desenvolvimento total da propriedade, respeitando a natureza, mantendo a qualidade de vida dos produtores e suas famílias, além de permitir a continuidade da produção agropecuária de forma sustentável.

Trabalhos realizados no âmbito das Empresas Públicas, ONGs, com as Redes de Referências Orgânicas vem sendo implementadas no estado do Paraná. Rede é uma metodologia de trabalho que definiu um conjunto de propriedades representativas de determinado sistema de produção familiar, que após processo de otimização, visando ampliação de sua eficiência e sustentabilidade conduzido por agricultores e técnicos, servem como referência para as demais unidades por elas representadas.

As Redes de Referências colaboram no processo de transição do sistema convencional para a produção orgânica, que é um grande desafio para o agricultor.

Os parceiros envolvidos nos trabalhos de Rede são: IAPAR (pesquisa), EMATER (extensão rural), CAPA e BIOLABORE (ONGs - Cooperativas de prestação de serviços técnicos) e ITAIPU (Usina Hidrelétrica Binacional).



O trabalho contempla o enfoque sistêmico, onde os agricultores, naturalmente, enxergam sua propriedade de forma integrada. Os técnicos, como resultado de sua formação acadêmica fragmentada, encaram a realidade em partes, procurando entendê-la a partir da análise parcial, com dificuldade de perceber as interações. O enfoque sistêmico permite a aproximação da visão do técnico com a do agricultor.

No trabalho em Redes, a relação entre agricultor, extensionista e pesquisador ocorre de forma harmônica e integrada.

Grande parte das atividades é realizada na própria propriedade rural. Muitas vezes os resultados e validações são complementados por avaliações em estação experimental, para garantia dos avanços tecnológicos.

Pratica-se a interdisciplinaridade, que é a interação entre os aspectos relacionados ao processo produtivo, à socioeconomia e, ao ambiente.

Os sistemas de produção em estudo envolvem a Olericultura a produção de Leite e de Grãos, especialmente soja, onde ao redor de 30 propriedades representativas destes sistemas fazem parte das Redes.

Os resultados alcançados nas propriedades trabalhadas são disseminados através de treinamento/capacitação, dias de campo, etc., no sentido de que mais agricultores tenham acesso e passem a adotar sistemas sustentáveis de produção definidas nas propriedades de referência.

### **Conclusões e Perspectivas Futuras**

Com as evidências marcantes do efeito estufa, as mudanças climáticas tendem a proporcionar alterações nas distribuições e níveis de precipitação, aumentando os riscos de erosão empobrecimento do solo. Assim, através de um conjunto de tecnologias disponíveis e factíveis de uso em distintas condições de solos e sistemas de produção regionais, busca-se a integração dos diferentes métodos e práticas visando uma produção agrícola racional e sustentável. Buscando o desenvolvimento de tecnologias que contemplem uma integração harmônica de métodos de conservação do solo e da água: plantas de cobertura/adubos verdes, rotação de culturas, terraços, curvas de nível, cultivos em faixas, canal escoadouro, de forma a proteger e conservar os recursos naturais.

Dessa forma, os agroecossistemas regionais deverão continuar sendo produtivos competitivos e sustentáveis a longo prazo, assim faz-se necessário identificar sistemas que consigam integrar e contribuir para uma maior biodiversidade, diversificação na produção, equilibrado uso/reciclagem/aproveitamento de nutrientes, e manutenção e/ou recuperação dos atributos do solo (químicos, físicos e biológicos). Assim, a melhoria dos processos de uso e manejo do solo, priorizando pela qualidade e manutenção da capacidade produtiva do mesmo, é uma forma de viabilizar a manutenção da família na atividade agropecuária de forma sustentável e compatível com os recursos naturais sob o ponto de vista de qualidade ambiental, socioeconômicos e qualidade de vida dos agricultores.

O sistema de plantio direto, incluindo-se o emprego de plantas de cobertura adequadamente conduzidos em rotação com culturas comerciais, ou no sistema de integração lavoura e pecuária, adaptados regionalmente, permitem uma melhor distribuição do trabalho durante todo o ano, resultando em economia de mão-de-obra, maior diversificação promovendo maior diversidade biológica com menores riscos de ataques de doenças e/ou pragas, melhor redistribuição aproveitamento e equilíbrio dos nutrientes no solo, diminuição dos custos de produção com melhoria da capacidade produtiva do solo e maior estabilidade de produção e conseqüente tendência de aumento na renda líquida da propriedade comprovando assim que é uma eficiente e eficaz forma de uma produção contínua em **SISTEMA SUSTENTÁVEIS**.

Nesta perspectiva, o SPD atua favorecendo o desenvolvimento da cultura, potencializando a reciclagem de nutrientes, o seqüestro do COS, a proteção da superfície do solo, a redução dos custos de produção devido à racionalização dos insumos além de diminuir os tempos operacionais e estabilizar a produtividade e a rentabilidade da atividade. Todos esses benefícios apontam para a sustentabilidade, quando o SPD é adotado sistemicamente e com qualidade, empregando um adequado programa de rotação de culturas.

Ao longo dos anos, a experiência brasileira mostrou que o enfoque puramente tecnológico dos programas que visavam a promoção de uma agricultura mais sustentável não foi suficiente para alavancar o processo de mudança e transformação. A participação dos agricultores e suas organizações, novas formas de relacionamento entre agricultores, pesquisa, extensão oficial e setor privado (“parcerias”) sempre estiveram caminhando junto durante a história de desenvolvimento e consolidação desse sistema no Brasil. Dessa



forma, é fundamental que cada vez mais sejam desenvolvidos mecanismos que promovam ações interativas e sinérgicas entre os diferentes atores.

Da mesma forma, as políticas formuladas com o mero objetivo de conservação do solo falharam em alcançar seus objetivos, já que para os agricultores – principalmente aqueles de escassos recursos financeiros – o controle da erosão geralmente não é tido como prioridade. Na experiência brasileira, o SPD, através da redução na demanda de mão-de-obra, tem criado oportunidades para o emprego da força-de-trabalho em outras atividades e, portanto, a atender a uma necessidade dos agricultores que num primeiro momento não foi vislumbrada pelos técnicos, que além de promover uma maior proteção e conservação do solo e da água, contribui decisivamente para o aumento da renda familiar.

No nível de políticas públicas, é necessária a viabilização de incentivos aos produtores visando facilitar o processo de adoção do sistema. Assim, linhas de crédito para investimento e custeio diferenciado e regras diferenciadas de seguro agrícola são alguns mecanismos que poderiam estimular o aumento da adoção do sistema. Também o Estado poderia contribuir com financiamento de linhas de pesquisa que busquem alternativas viáveis no uso racional dos insumos e processos: fertilizantes, controle de invasoras, pragas e doenças, visando desenvolver sistemas mais sustentáveis ambientalmente e economicamente.

É importante também que se busquem maneiras de se quantificar os benefícios do SPD para a sociedade como um todo, e não apenas para os agricultores. Impactos desse sistema na melhoria da qualidade da água, na redução dos gastos públicos com conservação de estradas, proteção e tratamento de águas e mananciais, na melhoria ambiental em função da contribuição desse sistema para a redução das emissões de gases na atmosfera (efeito estufa), devem ser mais bem quantificados e divulgados à sociedade.

Os processos de degradação ambiental são latentes e muitas das suas causas ou agentes permanecem presentes na atualidade. Muitos agricultores têm negligenciado o manejo da cobertura do solo e os princípios básicos de um adequado SPD, retirando o sistema de terraceamento e executando semeadura e tratamentos culturais no sentido da pendente. Apesar do terraceamento ser obra complementar no planejamento de controle da erosão, eles representam um componente importante no conjunto de práticas, processos e técnicas que, somadas, irão garantir índices reduzidos de erosão hídrica na microbacia.

A gestão dos recursos naturais usando a bacia hidrográfica como unidade de trabalho é fundamental na execução integrada dos programas de uso, manejo e conservação dos solos recursos naturais. Isso significa planejar, administrar e executar ações e manejo dos recursos naturais com base em decisões coletivas, com suporte legal.

O uso da água para variados fins, a disposição de dejetos, a abertura de poços, as áreas de preservação permanente e reservas legais deveriam ter um componente de decisão individual, o que não permite ter impacto em melhorias de recursos como a vegetação e a fauna.

O estabelecimento permanente de Comitês de Microbacias Hidrográficas, com autoridade para planejar e administrar os recursos de forma integral representaria um avanço e, nas regiões onde o recurso hídrico é escasso ou mal distribuído e as necessidades de uso de água na agricultura, indústria ou centros urbanos em geral é maior, este aspecto é essencial para o sucesso de qualquer programa de manejo dos recursos naturais.

Embora os primeiros benefícios das melhorias do uso e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas sejam individuais, existem muitos benefícios que transcendem a unidade de trabalho e se tornam coletivos, justificando o estabelecimento de pagamento por serviços ambientais. Assim, a melhoria da qualidade da água ou o barateamento dos custos de tratamento da água para consumo humano beneficiam a população em geral. E, assim a população ou empresas, em situações como esta, usuárias da água paguem uma cota pelo benefício, o qual poderia ser reinvestido no Programa que gerou este benefício.

A legislação vigente deveria ser revista no sentido de usar o planejamento de uso da terra para estabelecer os instrumentos de ação dos programas de uso, manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Intenso trabalho de conscientização e consulta da sociedade, particularmente os produtores, lideranças rurais e do agronegócio, no sentido de estimular a participação e o comprometimento de todos os segmentos da sociedade na execução dos trabalhos de conservação da água, do solo, da vegetação e da fauna.

Nesse enfoque, o fortalecimento e a persistência das políticas públicas para o uso, o manejo e a conservação dos recursos naturais, usando as bacias hidrográficas como unidade de trabalho, são imprescindíveis para manter sempre permanente a consciência ambiental na sociedade paranaense e brasileira.





## **Agradecimentos**

Agradecemos aos agricultores que estão implementando sistemas de manejo do solo sustentáveis, assim como aos pesquisadores das diferentes Áreas de Pesquisa do IAPAR que contribuíram com informações relevantes para a preparação do referido texto.

## **Referências Bibliográficas**

BOLLIGER, A.; MAGID, J.; AMADO, T.J.C.; SKÓRA NETO, F.; SANTOS RIBEIRO, M. F.; CALEGARI, A.; RALISCH, R.; AND NEERGAARD, A. (2006). Taking Stock of the Brazilian "Zero Till Revolution": A Review of Landmark Research and Farmers' Practice. REVIEW ARTICLE. ADVANCES IN AGRONOMY. Vol. 91, Pages 47-110.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L. DO P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Adubação verde no Sul do Brasil. Rio de Janeiro, RJ., AS-PTA, 1993, 346p. 2a. edição.

CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F.; JÚNIOR, L. J. Plantio direto, rotação de culturas. Cooperativa dos Cafeicultores de Maringá - COCAMAR, 1995, 64p.

CALEGARI, A.; COSTA, A.; RALISCH, R. (2007). Sustainable agriculture with no-tillage including cover crops and crop rotation. Annals of Arid Zone, 2007, vol. 46, no. 1, pp. 1-24.

CALEGARI A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura: dificuldades para a sua adoção. Resumos. 7o. Encontro Nacional de Plantio direto na palha. Editado por Federação Brasileira de Plantio direto na palha. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 31 de Julho a 04 de Agosto. 2000, p. 145-152

CALEGARI, A. Seqüestro de carbono, atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de manejo em um latossolo argiloso do sul do Brasil. Londrina, 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, 191p.

CHAVES, J.C.D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, EPAMIG, 22 (212): 53-60, 2001.

CHAVES, J.C.D. Uso racional de plantas de cobertura em lavouras cafeeiras. IV Consórcio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil. EMBRAPA-Café/IAPAR, Londrina, Resumos... CD Rom, 2005.

COLOZZI FILHO, A. Dinâmica populacional de fungos micorrizicos arbusculares no agrossistema cafeeiro e adubação verde com leguminosas: solos e nutrição de plantas. 1999. Tese (doutorado), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Aproveitando-se da planta daninha. Revista Cultivar, n.27. 2001, p.26-30.

COSTA, A.; VIEIRA, M. J.; BRAGAGNOLO, N.; MUZILLI, O. & PAN, W. Programas de conservação do solo e da água em Microbacias: O caso do Paraná e novos desafios. In: II Simpósio Nacional sobre o uso da água na agricultura. Passo Fundo, 2006. Anais... Universidade Federal de Passo Fundo. CD. 2006, 12p.

CRUSCIOL, C. A. C. & BORGHI, E. Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto. Revista Plantio direto, ano XVI, no.100, Julho/Agosto, 2007. p.10-14.

DAL BÓ & BECKER, M. Avaliação de leguminosas de inverno para cobertura verde do solo em parreiras. Florianópolis, EMPASC, 1987. 5p. (EMPASC. Pesquisa em andamento, 79).

DENARDIN, E. L.; KOCHHANN, R. A.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, E. A.; MONDARDO. A. & SCHWARZ, R. A. Agricultura Conservacionista - Sistema Plantio Direto. In: José



Eloir Denardin et al., eds. Manejo da Enxurrada em Sistema Plantio Direto. Porto Alegre. Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. p. 19-21.

DERPSCH, R., SIDIRAS, N., AND ROTH, C. H., (1986). Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and zero tillage techniques in Paraná, Brazil. Soil Till. Res. 8, 253-263.

FAO. The Conservation Agriculture Group Activities 2000-2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 25p. 2002.

GOMES, J.; CHAVES, J.C.D. Modificações químicas em coluna de solo, incubada com resíduos vegetais e CaCO<sub>3</sub>. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 17, Caxambu, 1994. Resumos... Caxambu, 1994. AB 21.

KLUTHCOUSKI, J. & YOKOYAMA, L. P. Opções de Integração Lavoura-Pecuária. In: João Kluthcouski, Luís Fernando Stone, Homero Aidar, eds. Integração Lavoura-Pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 129-141.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, E. L.; FLORES, C. A.; FERREIRA, T. N.; CASSOL, E. A.; MONDARDO, A. & SCHWARZ, R. Enxurrada em Sistema Plantio Direto. In: José Eloir Denardin et al., eds. Manejo da Enxurrada em Sistema Plantio Direto. Porto Alegre. Fórum Estadual de Solo e Água, 2005. p. 19-21.

MACHADO, W.; STIPP, N.A.F. Caracterização do manejo de solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Apertados – PR. Geografia – Londrina – Volume 12 – no. 2 – Jul/Dez. 2003. Disponível em <http://www.geo.uel.br/revista>.

MEDEIROS, G. B.; E CALEGARI, A. Rotação de culturas. In “Sistema Plantio direto com qualidade”. Eds. Ruy Casão Jr., Rubens Siqueira, Yeshwant Ramchandra Mehta e João José Passini. – Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional. 2006, p. 135-141.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A.feito de material vegetal na acidez do solo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 7(3): 411-416, 1993.

NAZRALA, M. L. & MARTINEZ, H. Abonos verdes y cobertura vegetal in vid. Idia. S. L. 343-348) Jul/Dic, 1976. Argentina.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J.C.D.; ANDROCIO FILHO, A.; VIEIRA, M.J. Alterações na agregação do solo em função do manejo de lavouras cafeeiras. Arq. Biol. Tecnol., Curitiba, 38(1): 205-215, 1995.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J.C.D. A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas com base nos resultados de pesquisa. Londrina: IAPAR, 1998, 36 p. (IAPAR. Circular, 98).

ROTH, C.H. Infiltração de água no solo em relação à sua susceptibilidade à erosão. In: DERPSCH, R.; SIDIRAS, N., & ROTH, C.H. Estudo e desenvolvimento de sistemas de rotação de culturas incluindo espécies de cobertura verde e métodos de preparo do solo. Londrina, IAPAR, 1984, 107P. (Relatório Final do Convênio de Cooperação Técnica Brasil/Alemanha).

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S; TRENTINI, A.; CORTÊS, N.A. Gestão da fertilidade nos sistemas de cultura mecanizados nos trópicos úmidos: o caso das frentes pioneiras dos cerrados e florestas úmidas no centro norte do Mato Grosso. In: Peixoto, R.T.G.; Ahrens, D.C.; Samaha, M.J. Plantio Direto. O caminho para uma agricultura sustentável. IAPAR, PR/Ponta Grossa, PR. 1997, p. 124-157.

SCHMIDT, C. J. Transição para a Agroecologia na Região Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA, Rio de Janeiro, 2002. Anais. Rio de Janeiro. AS- PTA, 2002. p. 60-64.



SILVA, J.E. & RESCK, D. V. S. Plantio direto no Cerrado. In: Peixoto, R. T. G.; Ahrens, D. C. & Samaha, M. J. (eds.) Plantio Direto: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa, IAPAR, 1997. p. 158-184.

SKORA NETO, F. Coberturas vegetais em diferentes sistemas de preparo do solo no controle de plantas daninhas. In: IAPAR. I Encontro Latino Americano sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade. Anais... Ponta Grossa, PR. IAPAR. 1993b. p.173-181

SKORA NETO, F. Controle de plantas daninhas através de coberturas verdes consorciadas com milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.28, n. 10. 1993a, p. 1165-1171.

TEASDALE J. R.; BRANDSAETER, L. O.; CALEGARI, A.; SKORA NETO, F. (2007). Cover crops and weed management. In "Non-chemical weed management: principles, concepts and technology". Edited by Mahesh K. Upadhyaya & Robert E. Blackshaw. Reading, UK. p. 49-64

## **Manejo de Fertilizantes e Resíduos na Amazônia Sul-Occidental**

**Paulo G. S. Wadt, D.Sci., Pesquisador, Embrapa Acre**

Rodovia BR 364, km 14, Caixa Postal 321, CEP 69910-350, Rio Branco, AC. e-mail: paulo@satra.eti.br

### **Resumo**

A Amazônia sul-occidental representa a porção da Amazônia brasileira que se localiza a oeste do Rio Madeira e ao sul do Rio Solimões-Amazonas. Esta região inclui a totalidade do estado do Acre, parte do Estado do Amazonas e a porção mais a noroeste do estado de Rondônia. Distingue-se das outras regiões da Amazônia devido a sua formação geológica, que por sua vez condiciona suas características únicas quanto a cobertura florestal, ciclo hidrológico e solos. O presente trabalho apresenta uma descrição resumida da geologia da região e dos principais sistemas de uso da terra nesta região e as tecnologias atualmente recomendadas pela Embrapa visando à correção dos solos ácidos, o manejo de resíduos industriais para uso na agricultura local e as técnicas utilizadas para a recomendação de adubação para as culturas.

### **Caracterização geológica, solos, vegetação e uso da terra**

Na região sul-occidental da Amazônia ocorrem várias formações geológicas, no entanto, a Formação Solimões é a mais significativa em termos de superfície ocupada. Esta formação é bastante diversificada e, em sua maior parte, predominam rochas argilosas com concreções carbonáticas e gipsíferas, ocasionalmente com material carbonizado (turfa e linhito), concentrações esparsas de pirita e grande quantidade de fósseis de vertebrados e invertebrados. Subordinadamente ocorrem siltitos, calcários sílticos-argilosos, arenitos ferruginosos e conglomerados plomíticos. A diversificação da Formação Solimões implica em grande variação das classes de solos, na variabilidade na sua suscetibilidade natural à erosão, no seu ciclo hidrológico e em sua vegetação natural (Figura 1).

A Formação Solimões foi depositada principalmente entre o final do Mioceno e início do Plioceno (Westaway 2006). Alguns pesquisadores defendem uma origem fluvial/lacustre para os sedimentos desta Formação (Latrubesse et al. 1997; Westaway 2006) enquanto outros sugerem que houve influência de depósitos de marés, através de transgressões marítimas (Räsänen et al. 1995, Gingras et al. 2002). De qualquer forma, esta Formação está ligada com a orogênese dos Andes e os rios da região percorrem em sua maioria sobre esta Formação. Devido ao soerguimento ainda atuante na Cordilheira Andina, estes rios transportam grande carga de sedimentos, que são também em grande parte fruto da ação destes rios cavando suas calhas sobre esta Formação. Esta dinâmica de sedimentos nos rios e em suas margens, por sua vez, tem um importante papel na determinação da fisionomia e da estrutura das formações vegetais que ocorrem nesta região.

Os solos que ocorrem sobre a Formação Solimões são predominantemente argilosos, sendo cobertos por Floresta Ombrófila Aberta em sua maior extensão. Em estreitas faixas, sobre aluviões holocênicos depositados nos canais e calhas dos principais rios ocorre a Floresta Ombrófila Densa. Outras formações menos expressivas em área também ocorrem, como as formações do Grupo Acre na bacia do alto Juruá, que proporcionam o aparecimento, especialmente da Floresta Ombrófila Densa na região da Serra do Divisor (Acre 2000).

Ao longo do Quaternário (últimos dois milhões de anos), o clima predominante na Amazônia era mais seco que atualmente (Martin et al., 1997). Devido a sua posição na bacia amazônica e a provável diminuição de evapotranspiração ao longo da bacia, desde a sua foz no Atlântico até as proximidades dos Andes (devido à diminuição de cobertura florestal), espera-se que os índices pluviométricos na região deveriam ser ainda mais baixos.



**Figura 1.** Mapa de localização da Formação Solimões, no território brasileiro (adaptado de Leite, 2006).

Este clima pretérito relaciona-se com a ocorrência nesta região de fósseis de animais característicos de ambientes abertos e que possuam dentes adaptados para pastar (Ranzi, 2000), sugerindo a existência pretérita de savana nessa parte da Amazônia. Desta forma, embora a aridez do Quaternário seja frequentemente contestada, nesta porção mais sul-ocidental da Amazônia, devido tanto a baixa pluviosidade quanto as características geomorfológicas e de tipos de solo, é muito provável que houvesse um predomínio de vegetações abertas tipo savana, durante os períodos glaciais. Vale observar que mesmo na época atual (Holoceno) em que a pluviosidade é maior e a temperatura também mais quente, os rios desta região têm uma grande variação na sua descarga entre os períodos mais secos e mais chuvosos.

Enquanto na maior parte da Amazônia predominam solos de baixa fertilidade, muito intemperizados e profundos (Lima, 2001), na Formação Solimões é mais comum a ocorrência de solos férteis, como por exemplo, nas planícies aluviais e nos terraços e baixos planaltos das bacias do Purus, Juruá e do Alto Amazonas, originados de sedimentos andinos (Gama et al., 1992; Lima, 2006).

Em termos gerais, na planície aluvial que margeia os rios de águas barrentas, ricas em material suspenso predominam solos jovens e, ou, em processo inicial de formação (Lima, 2001). Nas áreas de relevo suave a ondulado (“terra firme”), os solos são formados a partir de sedimentos da Formação Solimões, de menor profundidade e menor grau de intemperismo que solos de terra firme da parte mais leste da região amazônica (Lima et al., 2006).

A alta fertilidade destes solos tem sido atribuída à sua mineralogia, onde associados a caulinita, ocorrem outros minerais, como vermiculitas, montmorilonita e ilitas. Nos Gleissolos desta região, a

composição mineralógica é mais complexa, podendo ocorrer associações de diversos tipos de minerais (Wadt, 2005).

Embora férteis (elevada reserva de nutrientes para as plantas), estes solos são fortemente ácidos (Wadt, 2002). Devido a acidez encontrada nestes solos, as argilas do grupo montmorilonita são instáveis neste ambiente (Volkoff et al., 1989). O ambiente ácido provoca o ataque ácido sobre estes minerais, promovendo lentamente sua dissolução, liberando assim grande quantidade de alumínio trocável por troca com solução de KCl 1M, sem contudo apresentar qualquer toxicidade às plantas (Gama & Kiehl, 1999).

Devido ao processo ainda inicial de formação (Lima et al., 2006), a maioria dos solos da região apresenta sérias limitações de drenagem (Araújo et al., 2005), o que os torna de baixo potencial agrícola, inclusive para determinadas espécies de forrageiras, como *Brachiaria brizantha* cv. marandu (Wadt et al., 2005). Da mesma forma, a ocorrência de floresta aberta com predomínio de bambus nesta região deve estar relacionada às limitações de oxigênio e disponibilidade hídrica impostas pela associação de solos rasos, com minerais de alta atividade e em relevo movimentado.

Nesta região, a vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica está associada às condições de drenagem deficiente, devido a presença de argilas de alta atividade, e à elevada precipitação, a qual varia de 1.800 (porção sudeste da região) a 2.800 mm ano<sup>-1</sup> (porção noroeste da região). A susceptibilidade à erosão é particularmente preocupante nos solos imperfeitamente ou mal drenados, onde as perdas de solos são fortes mesmo sobre a cobertura florestal original da Floresta Amazônica.

Em um estudo conduzido no município de Rio Branco, em um Argissolo Vermelho Escuro, em relevo suave ondulado com 6% de declividade, verificou-se em área experimental mantida descoberta (mantido sempre limpo por meio de capinas manuais), sob cultivo com arroz em sistema de manejo convencional, uma perda de solo de 170 Mg ha<sup>-1</sup> e de água de 11.680 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Cordeiro et al., 1996). Estas perdas são extremamente altas e comprometem a capacidade produtiva dos solos. Os autores destacam, contudo, que práticas de fácil emprego, como a manutenção da cobertura do solo, podem reduzir as perdas de solo e água em 72% e 42%, respectivamente.

Algumas vezes, em condições específicas, mesmo em sistemas reconhecidamente conservacionistas, como os agroflorestais, as perdas de solo podem ser relevantes. Estudos realizados em um Latossolo Amarelo, em Manaus, demonstram que a erosão no período de formação dos sistemas agroflorestais (SAFs) é intensa e pode representar perdas de solo acima dos limites tolerados. Durante a formação dos SAFs (combinação de seringueira, dendezeiro e guaranzeiro), a manutenção do solo descoberto favoreceu uma maior exposição do solo ao contato direto com as chuvas, em comparação a formas de manejo onde houve maior proteção do solo através do emprego de leguminosas ou do cultivo de plantas anuais (Leite & Medina, 1985). Isto indica que mesmos os sistemas arbóreos, quando na fase de implantação, são altamente erosivos em determinados tipos de solos e que as práticas adotadas na implantação das lavouras afetam as perdas de solo e água e, por conseguinte, dos nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas.

Do ponto de vista do regime hidrológico, por predominar na região solos com grau elevado de restrição à drenagem, a maior parte da precipitação que ocorre na região não contribui para a recarga do lençol freático, ocorrendo rápido escoamento superficial. Isto resulta em variações bruscas nas cotas fluviométricas dos principais rios da região e na escassez de redes de drenagem permanentes.

### **Principais sistemas de produção agropecuária**

A pecuária de corte em regime rotacionado extensivo é a principal atividade econômica no setor primário na região, com capacidade de suporte de aproximadamente 1,0 UA ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, junto ao sistema de pastejo contínuo que predomina nas pequenas propriedades familiares. O sistema de pastejo rotacionado intensivo vem sendo utilizado de forma crescente nas grandes propriedades, elevando a capacidade de suporte das pastagens consorciadas com gramíneas e leguminosas para até 3,0 UA ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Wadt et al., 2005).

A exploração pecuária está inserida em todos os tipos de uso da terra na região, sendo presente desde as áreas de reservas extrativistas, sendo na maioria das vezes o único tipo de uso da terra nas áreas convertidas dentro destas reservas (na maioria das vezes, respeitando o limite de 10% para conversão de áreas florestais para áreas de produção agropecuária), como também sendo o uso da terra predominante em áreas de assentamento agroextrativista e áreas de assentamento agrícola. Nas fazendas da região é a principal atividade econômica, sendo na grande maioria das vezes, a única atividade econômica.

A integração lavoura-pecuária ocorre apenas em algumas propriedades agrícolas, sendo uma atividade sem expressão econômica devido à baixa frequência com que é observada na região. A produção agrícola de lavouras anuais (cereais) também é pouco expressiva nas áreas de assentamento, devido à falta de políticas de fomento agrícola e estrutura precária ou insuficiente para o armazenamento da safra, a exceção

de algumas regiões do sul do Amazonas, onde a logística proporcionada pela economia do Estado de Rondônia torna-se mais presente. Fora das áreas de assentamento, a produção agrícola de grãos ocorre de maneira esparsa e está associada a umas poucas fazendas, em áreas individuais não superiores a 300 ha.

A pecuária leiteira na região correspondente à Formação Solimões também é pequena, não sendo suficiente para atender nem mesmo a demanda da própria população local, sendo os produtos lácteos produzidos na região central e sudeste de Rondônia.

Além da pecuária e da produção de grãos, há na região o cultivo de frutas, como banana, abacaxi, cupuaçu, pupunha para semente, pupunha para palmito e outras, seja em sistemas de produção convencional (monocultivos) ou em sistemas consorciados (normalmente em sistemas agroflorestais). Estes sistemas de produção ocorrem principalmente em pequenas áreas (em geral, não ultrapassando três hectares por produtor), utilizando desde materiais não melhorados e de baixa produtividade (cupuaçu, por exemplo), como materiais de melhor qualidade e mais produtivos (bananeiras, por exemplo).

### **Fatores limitantes da produtividade agrícola**

Os fatores limitantes da produtividade são diferenciados conforme o sistema de produção.

Para a pecuária de corte, a estratégia tem sido o desenvolvimento do consórcio de gramíneas com leguminosas, no qual a introdução do amendoim forrageiro (*Arachis pintoï*) constitui-se na principal espécie recomendada, embora, a utilização da puerária (*Pueraria phaseoloides*) seja bastante difundida na região, principalmente para a recuperação de áreas de pastagens com menor produtividade.

O uso do amendoim forrageiro tem sido recomendado pelo fato desta leguminosa apresentar elevada resistência ao pisoteio e ter hábito de crescimento rasteiro, não competindo com a gramínea para a absorção de luz solar. A limitação da expansão do uso desta leguminosa ocorre devido a seu cultivo ser exclusivamente via propagação vegetativa e, portanto, pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de obterem-se materiais adaptados à região amazônica e que também sejam produtoras de sementes a custos de exploração viáveis.

Em algumas áreas, principalmente próximas de curtumes, a utilização de lodo de curtume também tem-se mostrado bastante promissora. Do ponto de vista econômico, o uso deste tipo de resíduos como fertilizante orgânico representa o reaproveitamento integral de seus nutrientes e a substituição de parte das doses de adubação química para as culturas, com rendimentos equivalentes, ou superiores aos conseguidos com fertilizantes comerciais (USEPA, 1979). Do ponto de vista químico, sua utilização seria limitada pelas quantidades excessivas de sódio e de cromo. O sódio é decorrente do tratamento das peles com produtos à base desse elemento, entre eles o hidróxido de sódio e o bissulfito de sódio. Com relação à presença de metais pesados com potencial de contaminação do solo, embora suas quantidades geralmente mostrem valores abaixo dos limites considerados críticos pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USDA, 1980), as aplicações contínuas devem ser monitoradas.

Além do lodo de curtume outros resíduos locais apresentam potencial para uso na agricultura, como a maripureira (caldo resultante do processamento da mandioca), serragem de madeira, casca de frutos (cupuaçu, por exemplo) e outros lodos, como lodo de esgoto. Apesar do potencial, estes resíduos ainda não são utilizados ou faltam estudos mais detalhados que permitam averiguar seus impactos ambientais e benefícios do ponto de vista da nutrição mineral das plantas.

Finalmente, os fertilizantes minerais mais utilizados são a uréia, cloreto de potássio e o super-tríplo e formulações de “plantio” (4-14-8; 4-30-10); muitas vezes usadas em quantidades e proporções entre os nutrientes não suficientes para atender as demandas das culturas, impossibilitando a obtenção de maiores produtividade. O principal entrave para o uso de fertilizantes minerais na região tem sido o elevado custo final para o produtor. Isto se deve ao acréscimo do custo em relação ao frete para o transporte do fertilizante até a região, bem como a predominância de culturas com variedades não responsivas, sendo, a maior parte, de baixo potencial produtivo.

### **Estratégias para o aumento da produtividade agrícola**

Em todos os sistemas de produção, a utilização de adubação ainda é incipiente.

Algumas pastagens recebem, eventualmente, a adubação com resíduos da indústria curtidora, porém somente aquelas localizadas a um raio de até 25 km do curtume. A maioria dos sistemas de produção agrícola não recebe adubação, ou quando muito, faz-se apenas a adubação de plantio para culturas anuais muito exigentes, como nas lavouras de milho híbrido.

Por outro lado, dado o maior rigor no controle dos desmatamentos, impedindo a abertura de novas áreas agrícolas, as áreas já abertas tem sido as únicas disponíveis para a expansão da agricultura. Este fato tem promovido, de forma recorrente por parte do sistema produtivo, a busca de soluções para o aumento da

produtividade das áreas já convertidas. Acrescente-se a isto que algumas áreas, com uso agrícola já com cerca de 20 anos, também tem exigido adubações para que a produtividade não se torne antieconômica.

Em face destas demandas, algumas ainda latentes, é que a Embrapa tem procurado desenvolver tecnologias de manejo mais apropriadas para estes solos, as quais são descritas a seguir.

#### **- correção da acidez do solo**

Uma das conseqüências práticas das diferenças mineralógicas nos solos da Formação Solimões resulta na ocorrência de solos com elevada acidez (baixos valores de pH), aliados aos elevados teores de cálcio e de alumínio trocável (solos ácidos de alta CTC). Entretanto, os elevados teores de alumínio trocável não resultam em efeitos fitotóxicos como os que seriam esperados em outros solos, mesmo para variedades de plantas sensíveis a este elemento químico.

A baixa fitotoxicidade do alumínio trocável pode ser conseqüência do abaixamento da atividade de Al na solução, por causa dos altos teores de cálcio e de magnésio trocáveis. Este efeito poderia ser explicado por processos semelhantes ao que ocorre com a aplicação do gesso agrícola no solo, onde a toxidez é minimizada sem haver necessariamente a neutralização do alumínio trocável.

Contudo, o mecanismo que melhor poderia explicar esta baixa fitotoxicidade está relacionado à força de retenção do alumínio inter-estratificado e do alumínio amorfo junto às superfícies de troca catiônica. Assim, como a força de atração exercida pela superfície sobre os íons de alumínio na solução seria superior à força de atração exercida sobre outros tipos de cátions os íons de menor valência (cálcio e o magnésio) ficariam muito mais livres na solução do solo que os íons de alumínio. Preconiza-se, desta forma, que a distribuição dos íons de alumínio ao longo da dupla camada difusa não seria uniforme em solos com argilas do tipo 2:1 e em ambiente ácido, diferente do que ocorre nos solos de baixa CTC ou com predomínio de caulinitas e óxidos de ferro e de alumínio.

Assim, podem-se esperar dois comportamentos bastante distintos para o alumínio “trocável”, dependendo de ele estar absorvido em uma superfície de elevada eletronegatividade ou de baixa eletronegatividade.

Nos solos com predomínio de argilas de baixa atividade, embora haja atração pelo alumínio solúvel, este se distribui em proporções constantes entre a superfície adsorvente e a solução do solo, de forma que qualquer mudança em um destes compartimentos rapidamente é compensada com o restabelecimento do equilíbrio. Assim, o alumínio retirado do sistema pela absorção radicular é rapidamente repostado pelo alumínio trocável, situação esta em que o alumínio apresenta alta atividade. Em outras palavras, significa dizer que a força de adsorção exercida pela superfície adsorvente não é suficiente para atrair o alumínio nas proximidades de sua superfície. Desta forma, estes íons ficariam movimentando-se próximos à superfície pela ação combinada da energia térmica e eletrostática, sendo distribuídos na camada difusa de acordo com a Lei de Boltzmann.

Por sua vez, em solos onde a superfície adsorvente possui elevada eletronegatividade, esta atrai com maior força os íons adsorvidos. Nesta situação, cátions de menor raio iônico hidratado e maior valência são adsorvidos, preferencialmente, próximos à superfície. Os cátions assim adsorvidos estão em um equilíbrio muito lento com o restante dos cátions trocáveis e apresentam uma menor atividade na solução do solo. Outros cátions de maior raio iônico hidratado e menor valência são expulsos para a solução do solo, onde apresentam maior atividade. Estes mecanismos, na prática, diminuem a quantidade de alumínio que pode atingir o sistema radicular das plantas e, portanto, seu efeito fitotóxico.

Esta distorção, no uso do teor de alumínio trocável como um índice da acidez do solo, é agravada porque o KCl, utilizado como extrator, provoca a dissolução do alumínio amorfo e do alumínio inter-estratificado, que são formas não trocáveis e, portanto, apresentam um equilíbrio muito tênue com a solução do solo.

Assim, o teor de alumínio trocável em muitos solos de alta CTC da Formação Solimões não representa uma característica negativa relacionada à fertilidade. A conseqüência prática imediata é que a estimativa da necessidade de calagem pelo método do alumínio trocável não representará a quantidade adequada de cálcio indicada para corrigir a acidez do solo e melhorar a produtividade vegetal (Gama & Kiehl, 1999).

Os baixos valores de pH encontrados nestes solos são resultantes da hidrólise do alumínio, que controla o pH do solo. Entretanto, como estes solos apresentam concomitantemente elevados teores de cálcio trocável, mesmo a baixos valores de pH não há prejuízos para o desenvolvimento radicular, em razão da elevada atividade de cálcio na solução do solo, que pode compensar parcialmente os efeitos deletérios da acidez.

Acrescente-se que a correção da acidez deste solo a valores próximos à neutralidade pode conduzir a



um sério problema nutricional. A presença de quartzo na fração argila destes solos pode promover a fixação do magnésio presente em solução, causando a deficiência deste nutriente (Sumner, 1978).

Em resumo, o alumínio trocável não deve ser utilizado como um índice de acidez destes solos e, provavelmente, se outras condições não forem limitantes, é possível que a correção do solo não seja necessária.

À luz dos conhecimentos atuais, não existe um método confiável para a estimativa da necessidade de calagem nos solos ácidos de alta CTC da Formação Solimões. Contudo, com base no modelo da dupla camada difusa de Stern, o método da saturação de bases poderia ser considerado como aquele mais indicado desde que os limites mínimos de saturação de bases fossem revistos para valores mais baixos que os adotados em outras regiões do País. A vantagem deste método é que ele pode ser trabalhado não com ênfase na elevação do valor do pH do solo, como originalmente feito em sua concepção, mas no equilíbrio da relação  $Al/(Ca+Mg)$ , procurando-se elevar a saturação de bases a valores que possibilitem uma saturação de alumínio de no máximo 20% para espécies vegetais com baixa tolerância à acidez do solo.

Para muitos solos ácidos de alta CTC da Formação Solimões, a relação entre pH e saturação de bases é fraca ou inexistente. No entanto, em situações em que a saturação de bases for maior que 50%, existem poucas possibilidades de valores de saturação de alumínio superiores a 20% (Wadt, 2002). Isto sugere que se for tomado o valor de saturação de bases (V%) como referência, tem-se uma variável de fácil obtenção para o cálculo da necessidade de calagem, sem grandes alterações na rotina laboratorial e minimizando o risco de elevada saturação de alumínio.

Em razão destas considerações, a necessidade de calagem para as principais culturas agrícolas tem sido estabelecida em função do grau de tolerância de cada espécie vegetal à acidez do solo e do tipo de argilas predominantes, que podem ser estimadas pelo valor da CTC do solo. Preconiza-se que quanto maior for a CTC, maior será a proporção do alumínio retido na camada de Stern e menor a atividade deste íon na solução do solo para um mesmo valor de saturação de bases. Baseando-se nestas premissas pode-se então recomendar a calagem com base no valor desejado para a saturação de bases (Tabela 1).

#### **- recomendação de adubação para as culturas**

Na fração da região Amazônica que inclui os solos formados na área de influência geológica da Formação Solimões, é o estado do Acre o único que possui um sistema de recomendação de adubação desenvolvido considerando as propriedades dos solos da Formação Solimões. Neste estado da federação, as recomendações de adubação foram agrupadas por tipo de cultura, sendo desenvolvidas tabelas de recomendação de adubação para aquelas com maior potencial agrícola e destinadas ao cultivo comercial (Wadt, 2005).

Além disto, os critérios de interpretação da disponibilidade de nutrientes no solo foram adaptados para a região. Isto foi necessário devido à ausência de experimentos de fertilidade do solo e ensaios de calibração de adubação para a região.

Entretanto, independentemente dessas limitações, foram definidas classes de disponibilidade no solo para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e os micronutrientes boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn). Estas classes de disponibilidade basearam-se em recomendações adotadas em outros estados da federação, fazendo-se adaptações conforme o nível de conhecimento acumulado localmente.

Os critérios para definir as classes de interpretação da fertilidade do solo em outros estados da Amazônia não foram utilizados diretamente pelo fato de que a Formação Solimões, conforme já se discutiu, difere daquelas observadas no restante da Amazônia.

Quanto à construção das tabelas de interpretação, a solução adotada foi utilizar níveis de classe de disponibilidade de nutrientes de maior amplitude, reduzindo-se, conseqüentemente, a três o número de classes de interpretação para cada nutriente.

Adicionalmente, novos conceitos relacionados ao estado atual de desenvolvimento da agricultura na região foram incorporados. Como exemplo, a definição de classes de disponibilidade para nitrogênio em função do grau de utilização antrópica do solo. A qual foi possível somente pela apropriação da experiência local, que espera maior frequência de resposta à adubação nitrogenada em solos com uso mais intensivo e que estejam sendo cultivados por um período aproximado de 5 ou mais anos.

A adubação nitrogenada normalmente é determinada a partir de duas variáveis principais: reservas de nitrogênio no solo e demanda pela planta. Para cultivos de alta produtividade e principalmente para aqueles de ciclo curto, como por exemplo, os cultivos de cereais, a demanda por nitrogênio dá-se em períodos curtos e em taxas elevadas, de forma que a mineralização no nitrogênio do solo, mesmo naqueles com alto teor de matéria orgânica e baixa relação C/N, não é suficiente para atender às exigências da cultura. Nesse caso, a adubação complementar com nitrogênio em cobertura é fundamental para garantir o potencial produtivo das

culturas. Além disso, não há até o momento método confiável para a determinação das quantidades de nitrogênio disponíveis no solo.

**Tabela 1.** Valores de saturação de bases (V%) adequados para diferentes culturas, nas condições edáficas do Acre.

Cultura	Latossolos e solos com textura areia na camada superficial	Demais solos com CTC < 10 cmol kg <sup>-1</sup> .	Demais solos com CTC > 10 cmol kg <sup>-1</sup>
Abacate	50	40	30
Abacaxi	50	40	35
Açaí	60	50	40
Acerola	70	60	50
Algodão*	60	50	45
Amendoim	60	50	40
Arroz de sequeiro	50	40	40
Arroz irrigado	50	40	30
Banana*	70	60	50
Batata doce*	60	50	40
Batata*	50	45	40
Cacau	50	40	30
Café	60	50	40
Cana-de-açúcar	60	50	40
Cará e inhame*	60	50	40
Citros	70	60	50
Coco	50	40	30
Crotalárea juncea	70	60	50
Cupuaçu	50	40	30
Feijão	60	50	40
Girassol	70	60	50
Goiaba	70	60	50
Gramíneas aromáticas	40	35	25
Gramíneas em geral	45	40	30
Guaraná	50	40	30
Leguminosas em geral	50	40	30
Mamão	80	70	50
Mandioca	40	30	20
Manga	60	50	40
Maracujá	70	60	50
Milho	50	45	40
Pimenta-do-reino	70	60	50
Pimenta longa	50	40	30
Pupunha	50	40	30
Seringueira*	45	35	25
Soja	50	45	40

\*Culturas exigentes em magnésio. Se a relação Ca/Mg no solo for maior que 3, usar calcário dolomítico.

Desses dois fatos decorre que, em praticamente todas as recomendações oficiais de adubação nitrogenada, pouco esforço tem sido feito para definir as doses segundo a disponibilidade no solo. Por outro lado, o conhecimento empírico é coerente ao afirmar que em áreas recém-desmatadas a disponibilidade de nitrogênio tende a ser suficiente para atender às quantidades exigidas pela vegetação. Isso significa que nessas áreas, mesmo sem a adubação nitrogenada, as lavouras poderão apresentar um crescimento vegetativo razoavelmente bom, sem que, contudo, esse crescimento reflita-se em boas produtividades, já que haverá fome oculta de nitrogênio e, assim, deficiência na formação de proteínas e outros compostos nitrogenados. Contudo, a constatação importante é que o nitrogênio contido no solo pode ser suficiente para formação inicial da cultura.

Assim, a disponibilidade de nitrogênio no solo afetará principalmente a adubação de plantio, enquanto a demanda da planta, segundo seus patamares de produtividade, determinará a adubação de cobertura. Na prática, significa que se podem reduzir as quantidades de nitrogênio recomendadas na adubação de plantio, em áreas recém-desmatadas, e essa redução poderá ainda ser maior se o solo apresentar elevados valores para a CTC (capacidade de troca catiônica). Uma vez que a maior CTC auxiliará na retenção no complexo sortivo das formas amoniacais do nitrogênio recém-mineralizado após o processo de

desmatamento, permitindo sua liberação gradual nos primeiros anos de exploração agrícola.

Para o enxofre não foi elaborada uma tabela de interpretação, embora, em princípio, seja possível adotar o mesmo critério utilizado para o nitrogênio.

Quanto ao fósforo, as classes de disponibilidade foram definidas em função da textura do solo estimada pelo teor de argila ou valor do P-remanescente. Os valores utilizados para essa primeira aproximação basearam-se em pesquisa realizada com a adsorção de fósforo em amostras de solos da região leste do Estado (Silva, 1999). Para outros nutrientes esse critério não foi utilizado, embora possa vir a ser aplicado nas futuras aproximações se houver informações disponíveis para as condições do solo do Estado do Acre.

Por causa da ausência de informações que auxiliassem o refinamento das interpretações para cada nutriente, decidiu-se adotar um único critério, independentemente do sistema de produção ou espécie vegetal.

Assim, para todos os nutrientes foram determinadas no máximo três classes de disponibilidade. Provavelmente nas futuras aproximações será possível definir melhor essas classes se forem realizados ensaios de calibração.

Os demais nutrientes foram tratados da forma convencional, fazendo-se somente os ajustes com base nas premissas já discutidas. As tabelas de interpretação do teor de nutrientes no solo estão disponíveis em Wadt & Cravo (2005).

Por sua vez, para se desenvolver as tabelas de recomendação de adubação, também seriam necessárias informações obtidas por meio de experimentação e ensaios regionais, utilizadas para equacionar a recomendação de adubação e correção do solo, além de outras informações como composição química, produtividade das lavouras e exportação de nutrientes. Contudo, para as condições edafoclimáticas do Estado do Acre, não existem até o momento informações dessa natureza; portanto, o sistema de recomendação de adubação desenvolvido foi adaptado de resultados obtidos de outras regiões.

Ressalve-se que, embora sabendo que este procedimento não seria aquele ideal, as tabelas foram desenvolvidas a partir de análises individuais de cada cultura, na tentativa de adotar procedimentos técnicos visando tornar as recomendações as mais confiáveis possíveis.

Foram ainda introduzidos novos procedimentos, sendo o principal a integração entre a diagnose foliar e a análise de solos. Isto foi feito para culturas de maior valor agregado ou com maior potencial para seu desenvolvimento em grande escala; enquanto que para outros grupos de cultura as recomendações de adubação foram realizadas sem considerar a diagnose foliar.

Nesse sentido, o Estado do Acre está sendo o primeiro estado brasileiro a possuir tabelas de recomendação de adubação integrando a análise de solos e a diagnose foliar. Muito embora, o método empregado já tenha sido recomendado pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999).

A introdução da diagnose foliar no processo de recomendação de adubação vem antecipar uma demanda já verificada nos estados com maior tradição agrícola; porém, por razões diversas ainda não tem sido utilizada de forma oficial.

Entre os métodos disponíveis, optou-se pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), visto sua grande aceitação no meio produtivo, existindo inclusive disponibilidade de vários programas de computação capazes de organizar os dados de monitoramento nutricional e gerar as normas e os índices DRIS, necessários para a utilização dessa ferramenta.

Para a interpretação dos índices DRIS adotou o método do Potencial de Resposta à Adubação. Esse método classifica o estado nutricional das plantas em cinco categorias distintas, em relação a cada nutriente que tenha sido avaliado no processo de diagnose (Tabela 2).

**Tabela 2.** Significado do potencial de resposta à adubação em relação à interpretação dos valores dos índices DRIS obtidos da diagnose foliar de plantas.

Potencial de resposta à adubação	Significado
Muito alto	A planta apresenta alta probabilidade de aumentar a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado é altamente insuficiente
Alto	A planta apresenta média probabilidade de aumentar a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado pode estar insuficiente
Nulo	O nutriente avaliado está equilibrado e qualquer aumento na dosagem apresenta probabilidade nula de proporcionar aumentos da produtividade
Baixo	A planta apresenta média probabilidade de diminuir a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado pode estar excessivo
Muito baixo	A planta apresenta alta probabilidade de diminuir a produtividade se for aumentada a dose do nutriente analisado na adubação. O nutriente avaliado é altamente excessivo

Portanto, no Estado do Acre, a recomendação de nutrientes para algumas culturas está sendo feita em função da produtividade esperada e da disponibilidade do nutriente no solo, como também em função do estado nutricional das plantas.

Nos casos em que não há informação disponível sobre o estado nutricional da planta, as mesmas tabelas poderão ser utilizadas, adotando-se o potencial de resposta nulo como referência na definição da necessidade de adubos.

Como exemplo das tabelas de recomendação de adubação utilizadas, tem-se a tabela de recomendação para adubação fosfatada de cobertura na cultura do feijoeiro (Tabela 3).

No exemplo, a quantidade do nutriente ( $P_2O_5$ ) a ser aplicada varia em função da disponibilidade de fósforo no solo (baixa, média ou alta), da produtividade da cultura e do potencial de resposta à adubação.

#### - fontes alternativas de nutrientes

Estudos realizados no Estado do Acre reforçam as expectativas para o uso de resíduos locais como fonte alternativa para os fertilizantes minerais, principalmente aqueles trabalhos com o uso de lodo de curtume.

Resíduos do tipo de lodos de curtume, desde que utilizados dentro de doses convencionais para o fornecimento de nutrientes às plantas têm-se mostrado bastante promissores na região. Souza et al. (2007b) observaram que a aplicação de 300 kg de N orgânico, tendo como fonte dois lodos de curtume (caleiro e decantador primário), resultou em uma acumulação de N em plantas de milho, cultivadas em vaso, equivalente à aplicação de 100 kg de N na forma de sulfato de amônio. A aplicação de maiores doses de N orgânico na forma de lodo apresentou menores acumulações totais de N nas plantas, provavelmente em função de problemas relacionados à salinização (Silva et al., 2007). Doses de N orgânico equivalentes a 600 kg N ha<sup>-1</sup> foram suficientes para causar problemas devido a elevada salinidade associada a estas doses, reduzindo drasticamente o desenvolvimento das plantas, devendo ser evitadas aplicações nesta magnitude tanto para o lodo de caleiro como para o lodo de decantador primário (Souza et al., 2007a).

Deve-se ainda considerar o efeito do lodo sobre a mineralização do nitrogênio do solo. Ao avaliar o efeito de doses de lodo suficientes para fornecer de 50 a 600 kg de N orgânico ha<sup>-1</sup>, aplicadas a uma profundidade de 0 a 5 cm em amostras de um Argissolo Vermelho Amarelo, em vasos, Bertotti et al. (2007) verificaram que as maiores doses de lodo aplicadas aumentaram o pH do solo na camada de 0-10 cm e de 10-20 cm, havendo também aumento do teor de Ca trocável na camada superior e de Mg na camada inferior, além de redução da acidez potencial na camada superior e inferior, neste caso, somente para o tratamento com a maior dose de N orgânico.

Dada à característica alcalina do lodo de curtume, seu efeito em aumentar o pH e diminuir a acidez potencial do solo deve ser considerado como esperado. Mesmo o aumento do teor de Ca trocável na camada superior pode ser explicado pela conjunção do efeito alcalino com os altos teores de Ca encontrados no lodo, ficando este efeito restrito à camada de aplicação pela baixa mobilidade do cálcio. Por outro lado, o aumento do teor de Mg trocável em profundidade indica o potencial deste resíduo em intensificar as perdas deste nutriente por lixiviação, o que em longo prazo poderia resultar em desequilíbrios da relação Ca/Mg no complexo de troca do solo na zona radicular.

A utilização do lodo de curtume tem-se mostrado como uma excelente tecnologia para a recuperação de áreas degradadas pelo uso agrícola intensivo.

**Tabela 3.** Doses recomendadas para a adubação fosfatada de cobertura na cultura do cafeeiro.

Adubação de fósforo em cobertura – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )				
Potencial de resposta ao fósforo	Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	Disponibilidade de P no solo		
		Baixa	Média	Alta
Muito alto	< 1.200	40	30	20
	1.200 a 1.800	50	40	30
	1.800 a 2.400	60	50	40
	2.400 a 3.000	70	60	50
	3.000 a 3.600	80	70	60
	3.600 a 4.800	90	80	70
	> 4.800	100	90	80
Alto	< 1.200	30	20	10
	1.200 a 1.800	40	30	20
	1.800 a 2.400	50	40	30
	2.400 a 3.000	60	50	40
	3.000 a 3.600	70	60	50
	3.600 a 4.800	80	70	60
	> 4.800	90	80	70
Nulo	< 1.200	20	10	0
	1.200 a 1.800	30	20	10
	1.800 a 2.400	40	30	20
	2.400 a 3.000	50	40	30
	3.000 a 3.600	60	50	40
	3.600 a 4.800	70	60	50
	> 4.800	80	70	60
Baixo	< 1.200	10	0	0
	1.200 a 1.800	20	10	0
	1.800 a 2.400	30	20	10
	2.400 a 3.000	40	30	20
	3.000 a 3.600	50	40	30
	3.600 a 4.800	60	50	40
	> 4.800	70	60	50
Muito baixo	< 1.200	0	0	0
	1.200 a 1.800	10	0	0
	1.800 a 2.400	20	10	0
	2.400 a 3.000	30	20	10
	3.000 a 3.600	40	30	20
	3.600 a 4.800	50	40	30
	> 4.800	60	50	40

No Estado do Acre, em área tratada com lodo de curtume, a produtividade média do milho sem adubação de cobertura foi de 3.370 kg ha<sup>-1</sup> (Souza et al, 2007b), superior à média regional que é de 1.495 kg ha<sup>-1</sup>. Neste experimento, onde foram testados seis diferentes híbridos de milho (cinco híbridos Pioneer e um Bandeirantes), os híbridos Bandeirantes e Pioneer 30F33 apresentaram as menores produtividades (2.325 e 2.855 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Já os híbridos Pioneer P3041 e Pioneer 30K75 apresentaram, na ausência de adubação de N em cobertura, as maiores produtividades (4.382 e 3.986 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Estes resultados são bastante relevantes, indicando que apenas a utilização de materiais genéticos mais produtivos em áreas recuperadas com a adição de lodo de curtume, pode representar um ganho de produtividade de até 2.887 kg ha<sup>-1</sup> em relação à média regional ou de 2.057 kg ha<sup>-1</sup>, em relação ao material genético de menor potencial produtivo (Souza et al., 2007a).

Neste mesmo estudo, a aplicação de apenas 40 kg N ha<sup>-1</sup> resultou em melhoria da produtividade da cultura. Com exceção do híbrido Pioneer P3041, cujo ganho de produtividade foi de apenas 10%, os demais materiais testados apresentam um aumento de produtividade que variou de 37% para o Pioneer 30K75 a até 57% para o Pioneer 30F33 (Souza et al., 2007b). Já com relação a aplicação de 80 kg de N ha<sup>-1</sup>, em geral o ganho de produtividade foi inferior a 20% (em comparação com a aplicação de 40 kg N ha<sup>-1</sup>) independente da fonte de N utilizada (Pioneer 30F33, Pioneer 30F80, Pioneer 30K75 e Pioneer P3041). Entretanto, foi superior a 35% para os híbridos Bandeirantes e Pioneer 30F90 quando foi utilizado como fonte de nitrogênio o sulfato de amônio, em comparação com a uréia.

Segundo Souza et al. (2007b), a combinação das tecnologias simples, como a utilização de lodo de

curtume nas doses de  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (teor de umidade em torno de 95%), aliada à adubação nitrogenada com uréia na dose de  $80 \text{ kg N ha}^{-1}$ , e a utilização de sementes de híbridos com maior potencial produtivo, mesmo mantendo-se todas as demais condições do sistema de produção atual, resulta em produtividades de milho entre  $5.300$  a  $5.700 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou seja, mais de três vezes superiores à média regional.

A maior produtividade em área tratada com lodo de curtume nos solos da região já foi observada em outro ensaio experimental por Wadt et al. (2007b), mesmo sem haver alterações significativas na fertilidade do solo (Wadt et al., 2007a). Segundo Wadt et al. (2007b), apenas a utilização do lodo proporcionou aumento de 50% da produtividade das culturas, o que é do ponto de vista econômico muito significativo, se considerar que este produto é oferecido gratuitamente. Por outro lado, Nobrega & Wadt (2007) não observaram efeito do lodo de curtume sobre características fitotécnicas de plantas de milho.

O potencial do lodo de curtume observado no Estado do Acre já havia sido também constatado em outras situações no Brasil. Costa et al. (2000) verificaram maiores rendimentos de matéria seca da parte aérea em plantas de soja em tratamentos que receberam NPK + calcário e lodo com cromo ( $250 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Ainda, Ferreira et al. (2003) observaram que o tratamento que recebeu lodo de curtume proporcionou incrementos de 22% no rendimento de grãos de milho quando comparados com o tratamento NPK+ calcário.

Estes resultados indicam o potencial do uso do lodo de curtume para a recuperação de áreas degradadas e para a fertilização de culturas agrícolas. Entretanto, ainda são necessários estudos para determinar as quantidades adequadas a serem aplicadas em função do tipo de solo e de suas propriedades químicas.

### **Considerações Finais e Propostas para Avanço no Conhecimento ou de Ação**

A Amazônia brasileira possui atualmente cerca de 25 milhões de habitantes, o que representa uma população considerável, com necessidades de trabalho, renda e alimentação. Por outro lado, somente na região de influência da capital Rio Branco, no Estado do Acre, em um raio de aproximadamente 1000 km, a população total é de cerca de 32 milhões de habitantes. Neste número é incluído o das populações residentes no antiplano andino e no litoral do Pacífico, dentro desse raio de influência.

Esta população desenvolve suas atividades sobre tipos de solos que apresentam muitas propriedades distintas de todas as demais regiões do País, sendo em alguns casos, ímpares em todo o mundo. Portanto, pode-se considerar ser esta uma das regiões com a maior demanda de pesquisa e novas tecnologias, que sejam capazes de orientar na utilização dos recursos edáficos e hídricos da região, sem causar problemas ambientais ou a degradação ambiental.

O uso e manejo adequado do solo é um ponto central desta questão, já que seu uso de forma sustentável permite não só a manutenção dos serviços ambientais relacionados ao ciclo hidrológico, mas também, propicia condições para que as áreas já convertidas possam manter sua capacidade produtiva, diminuindo a demanda por novas áreas de floresta.

Neste sentido, mais pesquisas são necessárias para promover a utilização de outros tipos de resíduos locais e, principalmente, faz-se necessário o aprimoramento das recomendações de adubação e calagem, visando melhorar sua viabilidade econômica para a produção de lavouras.

### **Referências Bibliográficas**

- ARAÚJO; E.A. de; AMARAL, E.F.; WADT, P.G.; LANI, J.L. Aspectos Gerais dos Solos do Acre com Ênfase ao Manejo Sustentável. In: Wadt, Paulo Guilherme Salvador. **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, p.27-62
- BERTOTTI, F.; PINTO, C.E.D.L.; TERAN, J. J.; WADT, P.G.S.; PEREZ, D.V.; TEIXEIRA, S.T. Alterações em componentes da acidez do solo em resposta a aplicação de lodo de curtume, em vasos. **Anais do XVI Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFAC**. Rio Branco: UFAC. 2007. 2p. (CD-Room)
- CORDEIRO, D. G.; DEDECEK, R.; MOURÃO, P. de L.; SILVEIRA, A. M. de P. **Determinação das perdas de solo e água em solo podzólico vermelho escuro sob diferentes condições de manejo na região de Rio Branco – Acre**. Rio Branco: Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre, 2p. 1996. (Pesquisa em Andamento, 90).
- COSTA, C.N.; CASTILHOS, D.D.; KONRAD, E.E.; RODRIGUES, C.G.; PASSIANOTO, C.C. Efeito residual da adição de lodos de curtume sobre o rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo3, 2000, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: SBCS, 2000.1CD.

- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. & BISSAN, C.A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimentos de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 755- 763, 2003.
- GAMA, J.F.N.F.; KIEHL, J.C. Influência do alumínio de um podzólico vermelho-amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.475-482, 1999.
- GAMA, J. R.N.F.; KUSUBA, T.; AMANO, Y. Influência de material vulcânico em alguns solos do Estado do Acre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, p. 103-106, 1992.
- GINGRAS, M.K.; RÄSÄNEN, M.E.; PEMBERTON, S.G. ; ROMERO, L.P. Ichnology and sedimentology reveal depositional characteristics of baymargin parasequences in the Miocene Amazonian foreland basin. **Journal of Sedimentary Research**, v. 72, p. 871–883. 2002.
- LATRUBESSE, E., BOCQUENTIN, J., SANTOS, J.C.R., RAMONELL, Paleoenvironmental model for the Late Cenozoic of southwestern Amazonia: paleontology and geology. **Acta Amazonica**, v. 27, p. 103–118, 1997.
- LEITE, F.P.R. **Palinologia da Formação Solimões, neógeno da bacia do Solimões, Estado do Amazonas, Brasil: implicações paleoambientais e bioestratigráficas**. Brasília: Universidade de Brasília, 135p. 2006 (Dissertação de doutorado).
- LEITE, J.A.; MEDINA, B.F. **Perda de solo em um Latossolo Amarelo do estado do Amazonas sob diferentes sistemas culturais**. Manaus: Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê, 5p. 1985 (Pesquisa em Andamento, 27)
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V. de; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; & LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposeqüência da bacia sedimentar do alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30, p. 59-68, 2006.
- LIMA, H.N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176p. (Tese de Doutorado)
- MARTINS, J. S. **Pedogênese de podzólicos vermelho-amarelos do Estado do Acre**, Brasil. Belém, PA: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 101 p. 1993 (Dissertação de Mestrado em Agronomia)
- NOBREGA, M. de S.; WADT, P.G.S. Características da espiga de milho em função do nitrogênio aplicado em cobertura. **Anais do XVI Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFAC**. Rio Branco: UFAC. 2007. 2p. (CD-Room).
- RÄSÄNEN, M.; LINNA, A.M.; SANTOS, J.C.R.; NEGRI, F.R. Late Miocene tidal deposits in the Amazonian foreland basin. *Science*, v. 269, p. 386–389, 1995.
- RIBEIRO, M.; KER, J.C.; AMARAL, E.F. do; SILVA, J.R.T.; DUARTE, M.A. Características químicas e mineralógicas de alguns solos do estado do Acre. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 20 a 26 jul 1997, Rio de Janeiro, **Resumos....** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.
- SILVA, A.L.F. da; SOUZA, L.F.de.; WADT, P.G.S; PEREZ, D.V.; TEIXEIRA, S.T. Condutividade elétrica e pH no extrato de saturação em solos tratados com duas fontes de lodo de curtume. **Anais do XVI Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFAC**. Rio Branco: UFAC. 2007. 2p. (CD-Room).
- SILVA, J.R.T. da. **Solos do Acre: caracterização física, química e mineralógica e adsorção de fosfato**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 117p. (Dissertação de doutorado)
- SILVEIRA, M.; DALY, D.C.; SALIMON, C.I.; WADT, P.G.S; PEREIRA, M.G. **Ambientes físicos e Coberturas Vegetais do Acre**. Universidade Federal do Acre, 2008 (no prelo)
- SOUZA, L.F.; WADT, P.G.S.; BERTOTTI, F.; SILVA, A.L. F. da; PÉREZ, D.V. Efeito do N em cobertura na produtividade do milho cultivado em área tratada com lodo de curtume. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2007. Gramado: SBCS. 2007. 3p. (CD-Room)
- SOUZA, L.F.; WADT, P.G.S.; PÉREZ, D.V. Avaliação do nitrogênio orgânico de duas fontes do lodo de curtume sobre o rendimento de matéria seca na germinação de plantas de milho. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2007. Gramado: SBCS. 2007. 3p. (CD-Room)
- SOUZA, L.F.de; SILVA, A.L.F. da; BERTOTTI, F.; TEIXEIRA, S.T.; WADT, P.G.S.; PEREZ, D.V. Absorção

e partição do nitrogênio em plantas de milho adubadas com lodo de curtume. **Anais** do XVI Seminário de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFAC. Rio Branco: UFAC. 2007. 2p. (CD-Room).

SUMNER, M. E.; FARINA, P. M. W.; HURST, V. J. Magnesium fixation – a possible cause of negative yield responses to lime applications. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Baltimore, v. 9, p. 995-1007, 1978

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE- USDA. **Report and recommendation on organic farming**. Washington, 1980.94p.

UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Sludge treatment and disposal**. Cincinnatti: EPA, 1979. 2v.

VOLKOFF, B.; MELFI, A.J.; CERRI, C.C. Solos podzólicos e cambissolos eutróficos do alto rio Purus (Estado do Acre). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 363-372, 1989.

WADT, P.G.S. **Manejo de solos ácidos do Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre. 2002. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 79).

WADT, P.G.S.; CRAVO, M. Interpretação dos resultados de análise de solos In: WADT, P.G.S. **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, p. 246-252

WADT, P.G.S. Recomendação de adubação para as principais culturas. In: WADT, P.G.S. **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, p. 491-635

WADT, P.G.S.; DIAS-FILHO, M.B.; Soares, J.P.G.. Manejo do Solo em Pastagens Plantadas. In: WADT, P.G.S. **Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, p. 459-490.

WADT, P.G.S.; PEREIRA, M.G.; SOUZA, L.F. de. Práticas para o controle da erosão hídrica. In: Wadt, P.G.S. (editor). **Sistema plantio direto e controle de erosão no Estado do Acre**, Rio Branco, Embrapa Acre, p.19-78, 2007.

WADT, P.G.S.; PÉREZ, D.V.; NÓBREGA, M. de S. Alteração na fertilidade do solo, teor de nutrientes e no estabelecimento inicial de milho cultivado em áreas tratada com lodo de curtume. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado, RS. **Anais...**, XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007a

WADT, P.G.S.; PÉREZ, D.V.; NÓBREGA, M. de S. 2007b. Produtividade do milho em área de pastagem degradada, tratada com lodo de curtume. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado, RS. **Anais...**, XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007b

WESTAWAY, R. Late Cenozoic sedimentary sequences in Acre state, southwestern Amazonia: Fluvial or tidal? Deductions from the IGCP 449 fieldtrip Rob Westaway, **Journal of South American Earth Sciences**, v. 21, p. 120–134, 2006





# **ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL: SELEÇÃO DE TERRAS POTENCIAIS PARA A EXPANSÃO DO SEU CULTIVO**

**Celso Vainer Manzatto**<sup>(1)</sup>

(1) Pesquisador Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000, [manzatto@cnpq.embrapa.br](mailto:manzatto@cnpq.embrapa.br)

**RESUMO:** O Brasil ainda não dispõe de uma política pública definida para a expansão do cultivo da cana-de-açúcar visando o ordenamento da produção de biocombustíveis, sendo o processo de licenciamento/financiamento de novas usinas a única interferência direta do governo. Neste sentido, o governo brasileiro, através de uma parceria entre os Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o do Meio Ambiente, iniciou esforços para a realização do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar em nível nacional, incorporando aspectos ambientais, edafoclimáticos e de uso do solo. A produção da cana-de-açúcar deverá seguir as indicações das legislações ambientais de cada estado brasileiro e seu plantio deve ser feito de maneira a evitar a competição com áreas de produção de grãos e em áreas com restrições ambientais e antrópicas (Bioma Amazônico, Pantanal, áreas de proteção, áreas indígenas, etc.). O zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar deverá embasar a formulação de políticas públicas para a expansão sustentável da agricultura canavieira no país.

Portanto, o objetivo do Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar do Brasil é a delimitação de terras potenciais para a expansão deste cultivo, preferencialmente já ocupadas com pastagens, destinadas prioritariamente à produção de etanol e açúcar. A área de estudo abrange todo o território nacional, sendo, entretanto, realizado por Estado da Federação, considerando-se as particularidades e políticas regionais dos Estados.

A avaliação do potencial agrícola das terras para uma determinada cultura requer a comparação entre a exigência eco-fisiológica da espécie e a oferta ambiental da área onde se pretende implantá-la. Procurando atender a uma relação custo/benefício favorável, este procedimento baseia-se no fato de que existe, para cada espécie vegetal, um conjunto de características de solo e clima ao qual a mesma se acha adaptada e, quanto mais se afasta dessas condições, menor será o êxito na exploração da cultura e mais intensivas e dispendiosas tornam-se as práticas de melhoramento das condições do solo e das lavouras, podendo-se mesmo chegar ao ponto de tornar o cultivo técnica e/ou economicamente inviáveis.

## **Introdução**

O setor sucroalcooleiro passa por momento de grande expansão. Nos últimos anos, o crescimento do setor tem sido superior a 10% ao ano, com a inauguração em média de mais de uma usina por mês no país. Atualmente, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com previsão de colheita de 473 milhões de toneladas de cana para o ano-safra em curso (2007/2008), que serão destinadas à produção de aproximadamente 30 milhões de toneladas de açúcar e 21 bilhões de litros de álcool.

No caso do açúcar, o Brasil ocupa mais de 40% do mercado internacional. A demanda externa tem impulsionado sua expansão, especialmente devido ao crescimento da população mundial e ao aumento do consumo em países em desenvolvimento, particularmente na Ásia, em face ao crescimento da renda per capita e processo de êxodo rural nesses países.

No caso do mercado do álcool, o Brasil é o segundo maior produtor mundial, pouco abaixo dos EUA, que utiliza o milho para sua produção. O aumento da frota de veículos flex fuel, que atualmente já corresponde a mais de 90% da venda de veículos novos no Brasil, tem impulsionado fortemente o consumo interno. Além disso, as exportações de álcool também cresceram substancialmente nos últimos anos, com perspectivas ainda mais animadoras para as próximas safras, sobretudo devido ao alto preço do barril de petróleo no mercado internacional e ao problema ambiental das mudanças climáticas. Os EUA são os principais compradores do álcool brasileiro, mas, além dele, outros países poderão aumentar as importações desse produto, tais como Japão, China, Coreia do Sul e países da União Européia.



Com isso, surge um novo desafio para o setor sucroalcooleiro, acompanhado de novos problemas que precisam ser evitados. Uma das maiores preocupações está justamente na expansão da agricultura canavieira no país. No momento, a única interferência direta do governo no processo de autorização de novas usinas se dá pelo cumprimento da legislação ambiental brasileira, que não tem se mostrado suficiente para uma expansão harmônica deste setor no território nacional.

Nesse sentido, o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar demandado vai além do tradicional zoneamento agro-climático de risco, destinado principalmente para atender ao seguro rural. O zoneamento proposto envolve além das cartas de solo e clima, as de uso do solo, topografia, hidrografia, restrições legais e outras. Trata-se de um processo contínuo, que embasará a formulação de políticas que estimulem a expansão em áreas estratégicas e promovam o ordenamento da expansão da atividade.

O produto final do Zoneamento caracteriza as áreas aptas à expansão canavieira, as de expansão limitada e restrita. Com isso, os aportes governamentais para o setor sucroalcooleiro poderão ser mais bem direcionados para um crescimento sustentável dessa atividade.

Os principais objetivos do zoneamento são:

- Indicação de áreas com potencial agrícola (solo e clima) para o cultivo da cana-de-açúcar com colheita mecânica (questão social);
- Indicação de áreas com potencial de cultivo ocupadas preferenciais com pastagens (concorrência com as áreas de produção de alimentos);
- Áreas potenciais sem restrições ambientais (alinhamento com a agenda ambiental);
- Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar por Estados da Federação,

Destacam-se as iniciativas inéditas desta ação como:

- ✓ Iniciativa governamental inédita no ordenamento da expansão de atividades agrícolas no território nacional;
- ✓ Sinergia entre as políticas agrícola e ambiental. Ação coordenada pelo MAPA em parceria com o MMA, promovendo forte interação entre as equipes técnicas dos Ministérios;
- ✓ Execução dos trabalhos pelo Consórcio ZEE Brasil, através de instituições públicas federais, propiciando economia de recursos financeiros e credibilidade junto à sociedade brasileira e internacional;
- ✓ Articulação com os Estados da Federação na definição das áreas de expansão prioritárias, contemplando as especificidades e agendas regionais.
- ✓ Implantação do Zoneamento utilizando mecanismos de indução através da definição de marcos regulatórios, mecanismos de fomento e negociação com a sociedade.

### **Metodologia**

Conforme mencionado anteriormente, a avaliação da aptidão agrícola das terras para uma cultura advém da comparação entre a exigência ecofisiológica da espécie vegetal e a oferta ambiental da área onde se pretende implantá-la. Este fato motivou, como uma das primeiras atividades do projeto, a promoção de uma ampla discussão técnica entre pesquisadores da área de solos, de clima e especialistas na cultura, com o objetivo de se estabelecer um conjunto de regras que representasse as exigências pedoclimáticas da cana-de-açúcar. Ao longo do desenvolvimento do projeto, porém, acompanhando a evolução do conhecimento da equipe, proporcionada tanto pela revisão de literatura e opiniões de outros técnicos quanto pelas visitas a áreas de produção na região amazônica, procedeu-se a ajustes no quadro de regras.

Para melhor organização dos trabalhos, adotou-se como estratégia a avaliação individual da aptidão edáfica e da aptidão climática das áreas desmatadas, com a geração de mapas temáticos distintos, reservando sua combinação e compatibilização para uma etapa posterior, quando foi gerado o mapa de aptidão pedoclimática para a cana, após a realização do recorte das áreas de proteção ambiental permanente (Fig. 1).

A oferta ambiental, no que se refere aos solos, foi obtida da base pedológica disponível, constituída pelos mapas executados pela Embrapa e pelo Projeto RadamBrasil/ IBGE.



### **Avaliação da aptidão edáfica**

Esta avaliação foi feita considerando-se apenas o nível tecnológico para um manejo avançado, mais tecnificado, em que há aplicação intensiva de insumos (manejo C), visando diagnosticar o comportamento das terras sob esta condição de cultivo.

Foram seguidos os seguintes passos:

1 – Definiram-se como fatores limitantes mais críticos para a cana-de-açúcar as deficiências de fertilidade, água, oxigênio (ou excesso de água), susceptibilidade à erosão, e os impedimentos à mecanização e ao desenvolvimento radicular.

2 – Definiram-se quais características do solo devem ser consideradas na análise de cada fator limitante.

3 – Foi eleito o tipo de manejos C, preconizados por Ramalho Filho & Beek (1995) para serem considerados na análise da aptidão para a cana-de-açúcar.

4 – Definiram-se critérios para possibilitar a avaliação da intensidade do efeito dos fatores limitantes das terras sobre a cultura, relacionando a ocorrência de certas características ou sua intensidade com graus de limitação (Nulo, Ligeiro, Moderado, Forte e Muito Forte), adiante descritos para cada fator limitante.

5 – Criaram-se quadros de conversão para orientar a definição das classes de aptidão edáfica com base nos graus de limitação a serem atribuídos às terras.

6 – Foram atribuídos graus de limitação às terras, com base nas informações sobre os solos, buscadas no mapa pedológico e respectivo banco de dados.

7 – Com base nos graus de limitação atribuídos às terras e no quadro de conversão, chegou-se à aptidão edáfica para cada unidade de solo e para cada tipo de manejo. A classe de aptidão é obtida em função do grau limitativo mais forte.

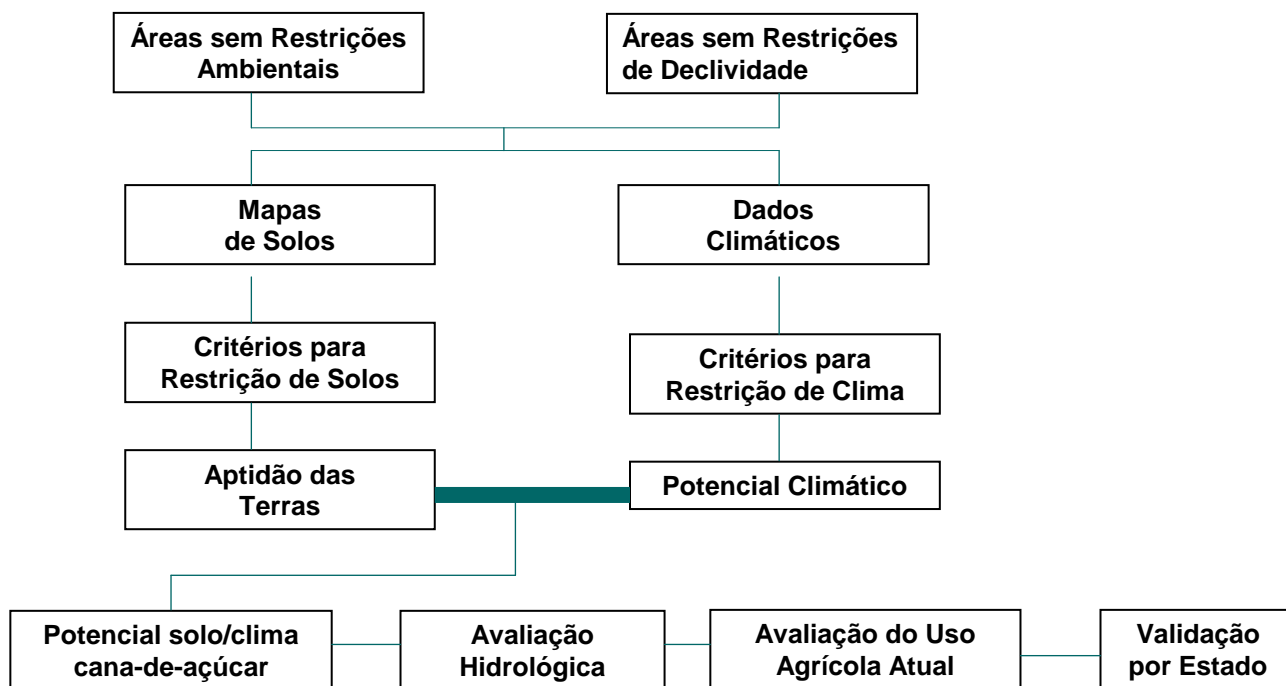
### **Avaliação da aptidão climática**

Realizada com os mapas climáticos disponíveis para a área procedeu-se à elaboração do mapa de aptidão climática, considerando-se as seguintes considerações:

- Modelo de simulação das necessidades de água da cultura, parametrizado para cana soca de segundo corte, buscando representar condição média do sistema de produção empregado em cada Estado;
- Simulação considerando períodos fixos indicando-se as áreas de baixo, médio e alto risco. Limite máximo de 20% de risco de perda de produtividade.
- Pelo menos 120 dias com baixa deficiência hídrica entre os meses de setembro e março;
- Deficiência hídrica máxima de 200 a 300 milímetros para assegurar produtividade de 60 a 80 ton/ha; a deficiência hídrica será estabelecida para cada Estado do País em função da produtividade e eficiência produtiva.
- Pelo menos 90 dias sem excedente hídrico, viabilizando a maturação e a colheita;

### **Integração Temática**

O modelo geral de integração dos diversos temas está apresentado na Figura 01. Para execução dos trabalhos foi desenvolvida uma base de conhecimento, como a apresentada na Figura 02. Como exemplo, na Figura 03 apresenta-se a base desenhada para o Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 1.** Modelo geral de integração dos temas utilizados no ZAE Cana

A Figura 4 apresenta a rede de conhecimento ‘AVALIAÇÃO RJ ZAE Cana’ com as adaptações necessárias descritas a seguir:

1 – Os Data Links ‘Áreas Protegidas’ e ‘Áreas Novas Identificadas’ do Grupo ‘Áreas Prioritárias para a Biodiversidade’, da Base de Conhecimento do Brasil, foram convertidos em Grupos, tendo como Data Links as áreas prioritárias separadas por bioma;

2 – Renomeou-se a rede “Aptidão” para “Cruzamento das aptidões” visando facilitar o entendimento;

3 – Os grupos ‘Declividade’ e ‘Uso e Cobertura do Solo’ foram removidos da análise automatizada em prol da eficiência do processamento;

4 – Ainda visando a qualidade do processamento para os grupos de Unidades de Conservação e das Áreas Prioritárias para a Biodiversidade, considerou-se, somente, os temas que apresentam feições no estado, e

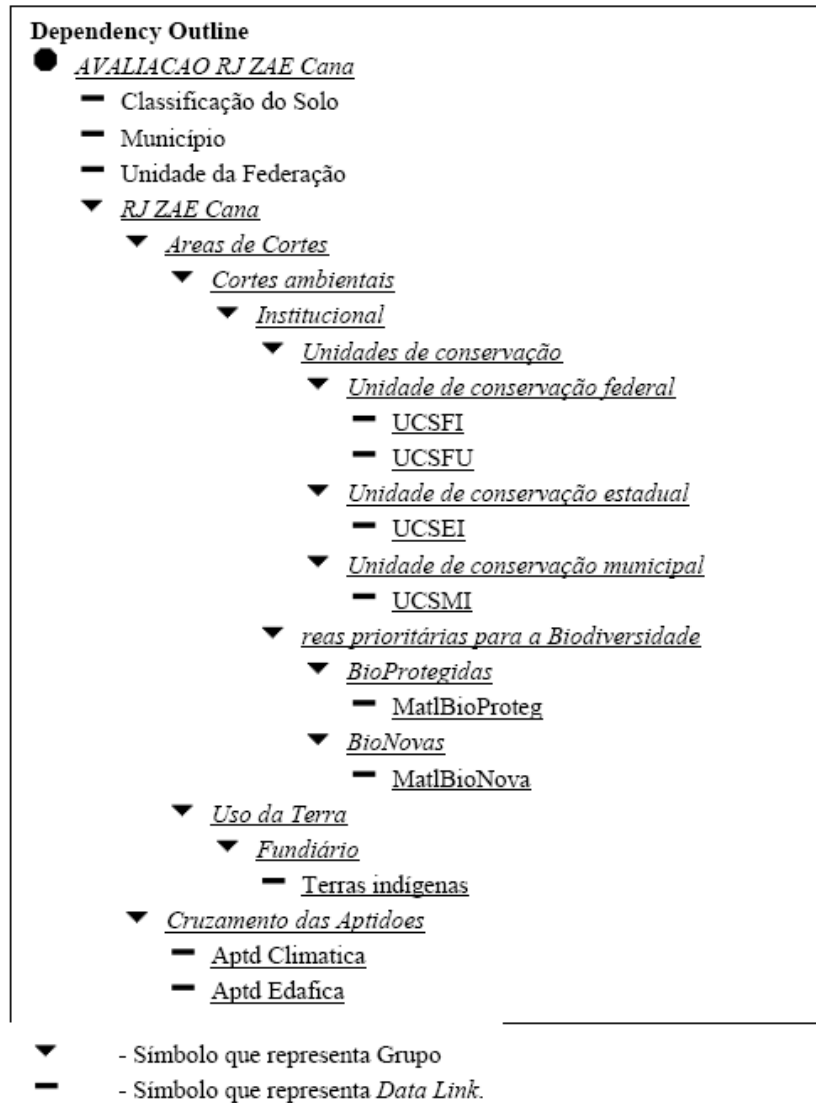
5 – Acrescentou-se os Data Links abaixo descritos. Estes entes não interferem na avaliação, porém, inserem nessa os dados por ele lidos:

a. ‘Classificação do Solo’ – segundo o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SBCS) para resgatar características dos solos após a interpretação;

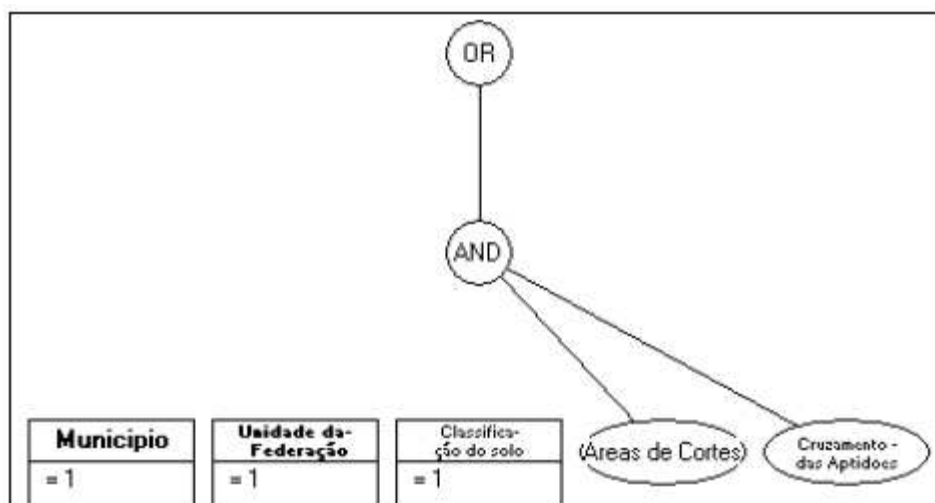
b. ‘Município’ – retorna o nome do município da feição, dispensando o cruzamento com o mapa contendo as feições municipais para obter informações municipais; e

c. ‘Unidade da Federação’ – no caso de união dos mapas gerados não se perde o estado do município.





**Figura 3.** Base de conhecimento do Zoneamento Agro-ecológico da cana-de-açúcar para o Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 4.** Rede de conhecimento ‘AVALIACAO RJ ZAE Cana’ com as redes filhas ‘Áreas de Cortes’ e ‘Cruzamento das Aptidões’ e com os Data Links ‘Município’, ‘Unidade de Federação’ e ‘Classificação do Solo’.



## **Resultados**

O resultado final do Zoneamento Agroecológico, terras potenciais para o cultivo da cana, é o produto do “cruzamento” destas temáticas, excluindo-se as áreas legalmente protegidas (Terras Indígenas, Áreas de Proteção Legal, etc). As terras potenciais serão então definidas através do recorte das áreas já desmatadas segundo o mapeamento do PROBIO 2006, assim como o alinhamento destes resultados com os indicativos de uso dos ZEEs dos Estados. Os resultados finais são apresentados na escala 1:250.000.

Quanto à definição de áreas prioritárias para a expansão do cultivo da cana-de-açúcar, esta depende ainda de uma avaliação e validação política, alinhando-se programas e projetos regionais, bem como a definição de diretrizes e marcos regulatórios pela União, evitando-se que a expansão do cultivo, não se transforme em um novo vetor de desmatamento no país.



## Agroenergia e sustentabilidade do solo e da água

**Maria Victoria R. Ballester<sup>(1)</sup> ; Reynaldo L. Victoria<sup>(1)</sup> & Alex V. Krusche<sup>(1)</sup>**

(1) Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Av. Centenário, 303, Piracicaba, SP, CEP 13416-000, [vicky@cena.usp.br](mailto:vicky@cena.usp.br) (palestrante)

**RESUMO:** As principais preocupações com a expansão da agroenergia têm sido direcionadas para aspectos de segurança alimentar. Em várias regiões do mundo, principalmente na América do Norte, são previstas mudanças na cobertura e uso do solo significativas como resultado do aumento da produção de biocombustíveis. Contudo, menor atenção tem sido dada às possíveis mudanças nos bens e serviços dos ecossistemas e as consequências para os recursos hídricos (qualidade e quantidade de água doce) o do solo. Os impactos ambientais resultantes, apesar de complexos e variáveis em cada região e tipo de cultura, estão relativamente bem documentados. Contudo, têm recebido menor atenção nos estudos de potencialidade e sustentabilidade para produção de agroenergia. De um modo geral, as culturas que apresentam menores impactos serão as que possuem menor demanda por irrigação, fertilizantes e pesticidas, bem como uma maior proteção do solo contra a erosão. Portanto, as políticas públicas deveriam encorajar aquelas medidas que possam ter um impacto positivo significativo na proteção dos recursos hídricos e dos solos a medida que a demanda por agroenergia aumenta.

**Palavras-chave:** Biocombustíveis, mudanças na cobertura e uso do solo, biogeoquímica, bacias de drenagem, geoprocessamento.

### Introdução

Os problemas ambientais estão crescendo em importância, a medida que a sociedade torna-se cada vez mais consciente da vulnerabilidade e riscos dos bens e serviços proporcionados pelos ecossistemas em função das mudanças globais. Preocupações com as fontes de energia, resultantes da demanda mundial crescente por óleo, a concentração geográfica das reservas conhecidas de petróleo, o aumento dos custos para encontrar e produzir novas reservas, associadas às mudanças climáticas, vêm aumentando (Koonin, 2006). Em 2007, a publicação do quarto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) chamou a atenção da sociedade para os problemas ambientais globais e seus agentes causadores. Desde a revolução industrial, como resultado das atividades humanas, as concentrações atmosféricas dos gases do efeito estufa (GEF) aumentaram consideravelmente, ultrapassando, em muito, os valores observados no período pré-industrial (IPCC, 2007a). Consequentemente, o aquecimento do sistema climático hoje é considerado inequívoco, como pode ser evidenciado pelas observações do aumento na temperatura média do ar e do oceano, a expansão do derretimento das neves eternas e das calotas polares e o aumento do nível médio do mar (IPCC, 2007a).

Neste cenário, os biocombustíveis vêm sendo considerados como uma tecnologia e uma prática de mitigação que poderá ter um papel importante como uma alternativa para diminuir as emissões dos GEF no setor de transportes. Hoje, biocombustíveis são utilizados como aditivos e substitutos da gasolina e do diesel. Projeta-se que em 2030 os biocombustíveis terão um crescimento tal que suprirão 3% da demanda de energia no setor de transportes, podendo atingir de 5 a 10% do consumo, dependendo dos preços futuros do óleo e do carvão no mercado internacional, bem como melhoras na eficiência dos veículos e o sucesso de tecnologias para utilizar a biomassa vegetal (IPCC, 2007b). Muitas nações, entre as quais os Estados Unidos, a Comunidade Européia e Índia, projetam que cerca de 5% do transporte rodoviário será bioderivado nos próximos 5 anos (Koonin, 2006). Os biocombustíveis estão se tornando cada vez mais populares como um substituto direto dos combustíveis fósseis na esperança de diminuir, pelo menos parcialmente, as emissões de carbono. Uma estimativa recente sugere que, em 2030, cerca de 750 milhões de toneladas de carbono emitidos pela queima de combustíveis fósseis poderão ser reduzidas, anualmente, pelo uso de biocombustíveis.

Este processo pode resultar em um aumento considerável pela demanda de energia biocombustível, o que gera questionamentos sobre a sustentabilidade, abundância e benefícios ambientais destas fontes de energia (Tielman et al., 2006). A expansão da produção de biocombustíveis pode resultar em várias mudanças





ambientais, incluindo o aumento da poluição por fertilizantes e pesticidas, ameaçando a biodiversidade local e regional (Tielman et al., 2006) quando terras com vegetação nativa são convertidas em monoculturas. Simultaneamente, mudanças no uso da terra em áreas de solos férteis, hoje utilizadas para a produção de alimentos que serão substituídos por monoculturas, poderão resultar em problemas de segurança alimentar. Portanto, é muito provável que o aumento massivo na produção de biocombustíveis resultará na conversão de áreas com vegetação nativa (Reay, 2007) e terras férteis utilizadas hoje para a produção de alimentos.

Uma das classes de biomassa majoritariamente utilizadas para a produção de biocombustíveis hoje, é aquela derivada de culturas anuais, entre as quais se destacam o milho, a soja e a cana-de-açúcar. No Brasil, um quarto do transporte rodoviário é sustentado pelo uso de etanol combustível obtido da fermentação da cana-de-açúcar (Somerville, 2006). Desde 2005, apenas no Brasil, a produção deste combustível (etanol) vem aumentando a uma taxa de 7 a 8 % ao ano (IBGE, 2007), enquanto a produção de soja cresceu 8% ao ano. Essa expansão, vem induzindo mudanças na cobertura e uso do solo significativas no país. Por exemplo, na região sudeste, a área coberta por cana aumentou 120.000 ha ano<sup>-1</sup> entre 2001 e 2005 (IBGE, 2007). O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do governo federal brasileiro, prevê o investimento de 10 milhões de dólares na implantação de infraestrutura para a indústria de biocombustíveis. Destes, mais de 90 % serão aplicados em obras nas regiões sudeste, sul e centro-oeste, nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás (<http://www.brasil.gov.br/pac>). As áreas potenciais para a expansão da agroenergia (EMBRAPA, 2006) ocupam cerca de 50% do território nacional. Nestas áreas, até 2007, 365 unidades processadoras de álcool e açúcar tinham sido instaladas. Desse total, 68% estão na região sudeste/sul, 23% na nordeste/norte e 10% no centro-oeste. Outras 147 usinas estão previstas para serem implantadas até 2011, devendo totalizar 512 unidades até 2011. As metas do PAC na área de combustíveis renováveis até 2010 incluem a produção de 3,3 bilhões de litros por ano de biodiesel e a implantação de 46 novas usinas, 23,3 bilhões de litros por ano de etanol e a implantação de 77 novas usinas, além da construção de 1.150 km de dutos para o escoamento desta produção (<http://www.brasil.gov.br/pac>).

As principais preocupações com a expansão da agroenergia têm sido direcionadas para aspectos de segurança alimentar. Em várias regiões do mundo, principalmente na América do Norte, são previstas mudanças na cobertura e uso do solo significativas como resultado do aumento da produção de biocombustíveis (milho, soja e cana-de-açúcar). Contudo, menor atenção tem sido dada às possíveis mudanças nos bens e serviços dos ecossistemas e as consequências para os recursos hídricos (qualidade e quantidade de água doce) e do solo. Neste trabalho são indicados alguns problemas ambientais que poderão potencialmente ocorrer nas áreas definidas como prioritárias para a expansão da agroenergia.

A demanda crescente por água doce, resultante do aumento populacional, demandas por alimentos, industrialização e urbanização, resultou em uma crise na disponibilidade deste recurso sem precedentes (UN, 2003; UNESCO, 2006; Varghese, 2008). Parte desta crise, é o resultado da distribuição geográfica naturalmente desigual dos recursos hídricos. Em 2006, 1/3 da população mundial estava sujeita à falta de água doce, devido às disparidades de distribuição e às pressões mais elevadas na Europa, África e Ásia. Por exemplo, China, Índia, Japão e Oriente Médio sustentam mais da metade da população mundial com apenas 36% dos recursos de água doce do planeta (UNESCO, 2006). No século XX, as políticas públicas de uso da água na maioria dos países estiveram orientadas, principalmente, para a construção de infraestrutura como represas, aquedutos, malhas de distribuição e centrais de tratamento. O objetivo era suprir as demandas humanas. Esta política resultou em benefícios para a população como saúde, água potável, qualidade de vida, alimentos. Porém, os custos econômicos, sociais e ecológicos muitas vezes foram indesejados ou elevados (UNESCO, 2006). Em 2000, 20% da população mundial não tinha acesso a um suprimento de água potável, 65% tinham suprimento de baixo a moderado e apenas 15% tinham abundância relativa (UN, 2003).

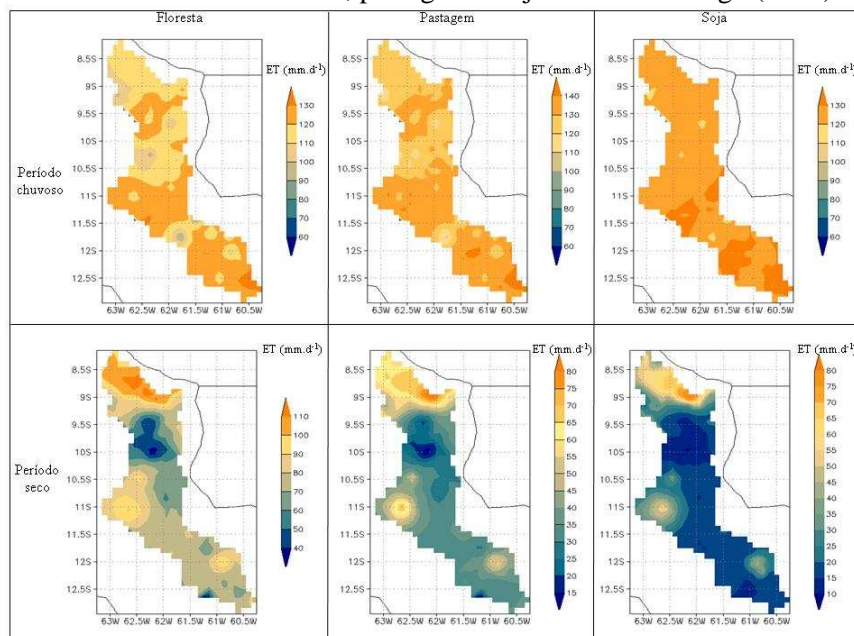
A água doce é considerada o recurso que será o mais estratégico no final da próxima década e terá papel chave no desenvolvimento econômico (Varghese, 2008). Contudo, as estratégias e políticas públicas de desenvolvimento da agroenergia, este recurso é pouco ou sequer levado em consideração. No Brasil, as estratégias atuais de expansão da agroenergia poderão agravar esta crise em algumas regiões e o acesso à água poderá se tornar um fator primordial na produção de biocombustíveis. Portanto, as principais questões serão a seguir abordadas são: 1- Como a água e solo são utilizados para produzir os vários tipos de biocombustíveis em diferentes regiões?; 2- Onde a disponibilidade de água poderá ser um fator limitante? e

3- Quais são os possíveis, ou mais prováveis, efeitos na qualidade da água associados com a produção de biocombustíveis?

### Possíveis impactos na estrutura e funcionamento dos ecossistemas

Uma série de estudos realizados na região amazônica nos últimos 20 anos tem demonstrado que mudanças quantitativamente significativas no ciclo da água resultam quando a vegetação nativa é substituída por culturas anuais. Por exemplo, em Rondônia, áreas com pastagem apresentaram um volume de chuvas cerca de 7% menor que as de floresta, resultando em um decréscimo de 31% na interceptação e 19 % na evapotranspiração. Simultaneamente, o escoamento total aumentou em 18%, enquanto o superficial foi 327% maior (Gash et al., 1998). As queimadas intensas que ocorrem anualmente nesta região gerando grande quantidade de fumaça reduzem o tamanho das gotas de água e modificam os padrões de precipitação local e regional (Andreae et al., 2004). Na escala da bacia de drenagem a substituição da floresta por pastagem resulta em uma alteração nos diversos compartimentos e fluxos do ciclo da água na região (Victoria et al. 2007; Santiago, 2006).

**Figura 1.** Evatranspiração média diária na bacia de drenagem no rio Ji-Paraná (RO) em três cenários de cobertura do solo: floresta, pastagem e soja. Fonte: Santiago (2006).



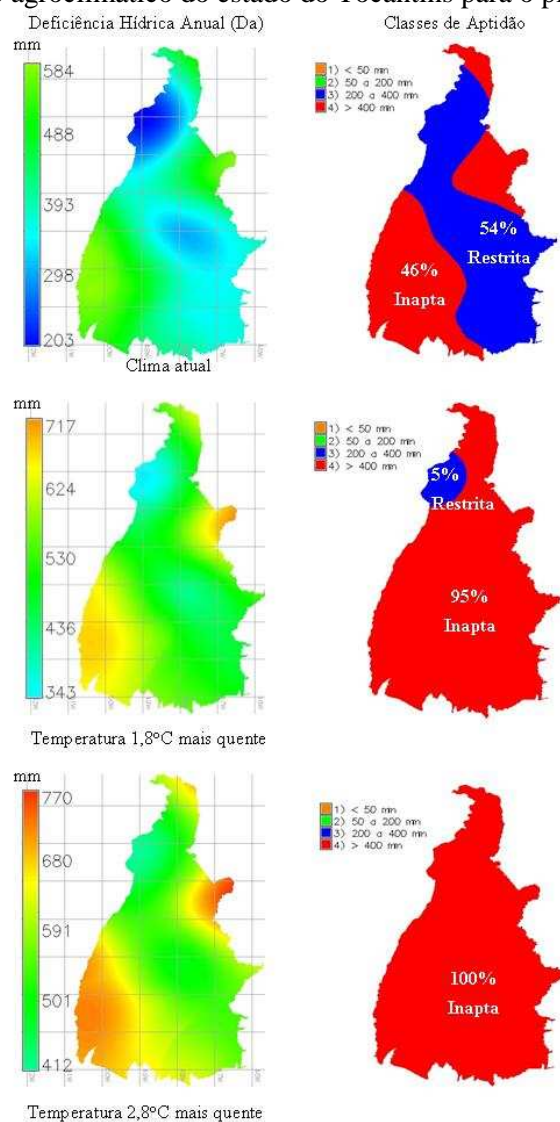
Na bacia de drenagem do rio Ji-Paraná (RO), os setores com uma maior cobertura de pasto apresentam menores valores de evapotranspiração e precipitação. Como pode ser observado na Fig. 1, a conversão em pastagem resulta em uma redução da quantidade de água disponível para a evapotranspiração (Victoria et al., 2007) e na interceptação pela vegetação, aumentando o escoamento superficial. Solos cobertos por pastos, apresentam infiltração menor e escoamento superficial maior que aqueles cobertos por floresta, o que resulta em uma diminuição de mais de 60% nos valores da evapotranspiração média diária. No caso da substituição pela cultura de soja, esses valores são ainda maiores. Neste cenário, a evapotranspiração média diária seria 77% menor que nas áreas com cobertura florestal e a vazão do rio aumentaria 28% durante o período chuvoso (Santiago, 2006).

A disponibilidade e o uso da água pelas culturas e a demanda por irrigação (nova ou re-allocada) é uma das principais preocupações, já que em algumas regiões a produção de agroenergia deverá competir com outros usos. O Brasil, detém 12% das reservas de água doce do planeta, 80% das quais estão localizadas na bacia de drenagem do rio Amazonas. Desse total,  $1.568 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são retirados para diferentes, mas cerca de  $840 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  são efetivamente consumidos, não retornando às bacias hidrográficas. A maior parte desta água é utilizada na agropecuária (61%), no consumo humano (21%) e industrial (18%) (ANA, 2008).

A irrigação de culturas, resulta em um uso consumptivo de água, ou seja a água que é perdida por evaporação não estará disponível para ser re-utilizada (Varghese, 2008). A demanda por água dependerá da

cultura a ser introduzida e das condições regionais. No Brasil, para produzir um litro de etano são utilizados, em média, 1100 litros de água (Varghese, 2008), a maior parte da qual derivada da precipitação. Em 2005, do total de água aplicada na irrigação de culturas no país, apenas 3,5% foi utilizado nas plantações de cana-de-açúcar (Fraiture et al., 2007). Contudo, projeta-se que este valor deverá dobrar até 2030 devido a intensificação da produção em regiões com maiores limitações em termos de disponibilidade de água. Por exemplo, no estado do Tocantins, onde estão previstos 14 polos de produção de biodiesel, três dos quais já estão em funcionamento, a projeção até 2010 é de uma área plantada com cana-de-açúcar de 210 mil hectares, produzindo 16,8 milhões de toneladas de cana e 1,4 milhões de m<sup>3</sup> de álcool (Seagro, 2007). A expansão do cultivo, tanto sob condições climáticas normais, quanto sob o efeito do aquecimento global, exigirá de forma geral irrigação (Victoria et al., 2008). O zoneamento agroclimático do estado do Tocantins, demonstra que 54 % da sua área territorial apresenta restrições para o plantio da cana-de-açúcar devido à disponibilidade hídrica. Os restantes 46% são inaptos para o desenvolvimento da atividade (Victoria et al., 2007b; Fig. 2).

**Figura 2.** Zoneamento agroclimático do estado do Tocantins para o plantio de cana-de-açúcar.

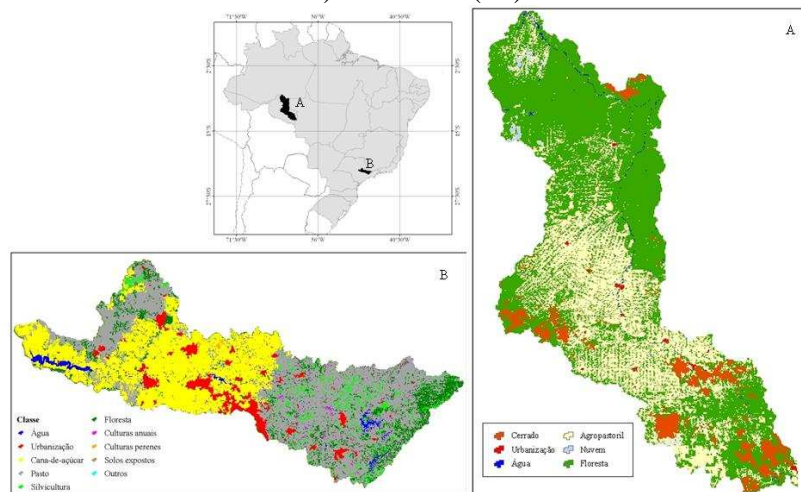


Fonte: Victoria et al (2008).

Entender a dinâmica e as consequências das mudanças na cobertura e uso do solo são hoje elementos chave para responder às questões relacionadas com as mudanças ambientais. Por exemplo, a retirada da floresta nativa pode resultar no aumento da temperatura, erosão e modificações no balanço hídrico e na disponibilidade de nutrientes (Neill et al., 2006; Ballester et al., 1999; Ballester et al., 2003; Krusche et al., 2005). Uma consequência destes processos é a alteração do transporte de sedimentos, matéria orgânica e

nutrientes associados para os rios (Thomas et al., 2004, Neill et al., 2006). Rios drenando pastagens exportam anualmente 20 vezes mais carbono orgânico dissolvido que os que drenam florestas, os quais retêm a maior parte do carbono orgânico dissolvido proveniente da precipitação interceptada pela vegetação. Nas áreas de pastagem, as perdas líquidas de carbono para os ecossistemas fluviais somente não ocorrem no início da estação chuvosa. Rios que drenam florestas apresentam ausência de vegetação aquática no canal, elevados teores de oxigênio dissolvido, baixos teores de  $\text{PO}_4^{3-}$  devido à sorção por ferro e alumínio em solos e sedimentos e elevados teores de  $\text{NO}_3^-$  originados na bacia de drenagem. Fósforo e luz limitam o crescimento perifitônico. Em rios que drenam pastagens, ausência da cobertura do dossel da floresta permite o crescimento extensivo de uma gramínea nativa, *Paspallum*, nas margens e até mesmo no interior dos canais. Como consequência, diminuem os teores de oxigênio dissolvido e aumenta a concentração de  $\text{PO}_4^{3-}$  devido à liberação de óxidos de ferro e alumínio nos sedimentos. Os teores de  $\text{NO}_3^-$  diminuem devido a um aporte menor da bacia, onde aumenta a desnitrificação. A produção primária passa a ser limitada pela disponibilidade de nitrogênio (Neill et al., 2001; Thomas et al., 2004). Essas alterações na composição biogeoquímica dos rios resulta ainda na diminuição significativa da diversidade de organismos aquáticos. Em um trecho de 800 m de rio na floresta foram encontradas 35 espécies de peixes. Na pastagem, em 500 m de canal somente uma espécie foi observada (Deegan et al., submetido).

**Figura 3.** Mapas de cobertura e uso do solo das bacia de drenagem dos rios A) Ji-Paraná (RO) e B) Piracicaba (SP)

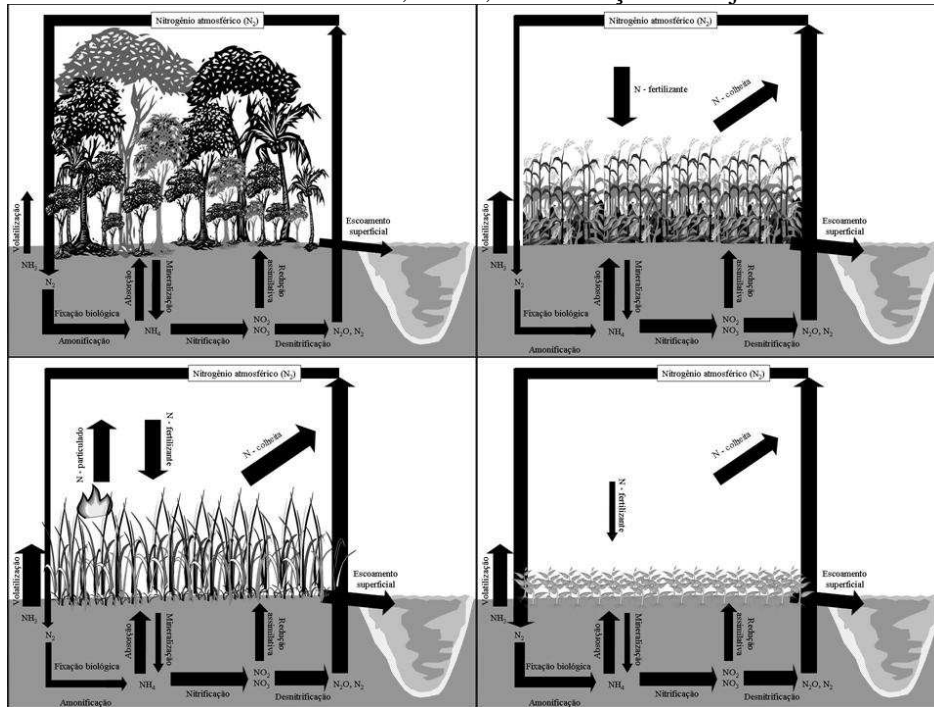


A introdução do pasto também afeta a composição química das água de rios de ordens maiores. Na bacia do Ji-Paraná (RO), um tributário do rio Madeira (Figura 3a), a área coberta por pastagens explicou a maior parte da variabilidade observada nas concentrações de  $\text{PO}_4^{3-}$ , nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), carbono inorgânico dissolvido (CID) e carbono orgânico dissolvido (COD) (Ballester et al., 2003; Krusche et al., 2005). Estes resultados indicam que, as mudanças observadas na micro-escala constituem sinais biogeoquímicos gerados pelo processamento do material nas zonas ripárias. A medida em que os rios evoluem para ordens superiores, na meso escala, os sinais biogeoquímicos persistentes nos canais fluviais estão associados às características da bacia de drenagem (incluindo solos e uso da terra), ao invés daqueles gerados nas zonas ripárias, e passam a ser os determinantes da dinâmica destes sistemas. O fato do pasto ter sido melhor predictor para nitrogênio, fósforo e carbono orgânico é também uma indicação que as mudanças na composição da paisagem (uso da terra) têm um impacto potencial na biogeoquímica das águas do rio. De acordo com estes resultados, a substituição da floresta pelo pasto pode resultar em mudanças significativas na concentração de nutrientes. Assim, um aumento de 10% na área de pasto no setor do baixo do Ji-Paraná poderia resultar em um aumento de três vezes na concentração de fósforo, e uma vez e meia na concentração de NID, COD e CID na água (Ballester, 2008).

Alterações significativas podem ocorrer na ciclagem de nutrientes como carbono, nitrogênio e fósforo devido à aplicação de fertilizantes e o tipo de cultura adotada. As principais alterações no ciclo do nitrogênio que poderão ocorrer se a vegetação nativa for substituída por milho, soja e cana-de-açúcar são apresentadas, esquematicamente, na Figura 4. Como pode ser observado, o aumento no aporte de N na forma de fertilizantes e/ou fixação biológica de nitrogênio no caso da soja, resultam em uma intensificação dos

processos de nitrificação, desnitrificação e volatilização de amônia. Nestes solos, onde penetração das raízes são menos profundas, há maior compactação e menor infiltração da água no perfil, aumentando o escoamento superficial o que promove a lixiviação. Em culturas de cana-de-açúcar, do total de N aplicado na forma de fertilizante, apenas 15% saem do ecossistema na forma de material coletado (fitobiomassa), sendo a volatilização o principal mecanismo de saída (40%), seguida pela desnitrificação (20%), o material particulado (15%) e a lixiviação (10%).

**Figura 4.** Representação esquemática do ciclo do nitrogênio em ecossistemas terrestres cobertos por floresta, milho, cana-de-açúcar e soja.



Vários estudos têm demonstrado que em plantações de cana a erosão do solo aumenta significativamente (Ceri et al., 2001), podendo atingir cerca de 30 toneladas por ano (Vanghese, 2008). O uso de ferti-irrigação no estado de São Paulo aumenta a acidez do solo e da água e promove a lixiviação de elementos como nitrogênio e potássio. Nos corpos de água, o aumento dos teores de nitrato lixiviado, associado ao aumento nos sedimentos em suspensão, resultam em um incremento da turbidez e diminuição dos teores de oxigênio dissolvido. Outra alteração no ciclo do nitrogênio associado ao plantio de cana-de-açúcar que pode afetar solos e corpos de água é o aumento da deposição de nitrogênio proveniente do material particulado liberado no processo de queima da mesma antes da colheita. Na bacia do rio Piracicaba (SP, Figura 3b), dominada pelo cultivo de cana, a deposição úmida de nitrogênio atingiu um valor médio de 5,5 kg N.ha-1.ano<sup>-1</sup> (Lara et al., 2001), valor próximo ao observado em regiões com deposições muito elevadas como o nordeste dos Estados Unidos (Galoway et al., 2008). Como consequência, a capacidade de neutralização de ácidos pelos solos e corpos de água diminui, tornando estes ecossistemas mais suscetíveis à deposição ácida. Dos 12400 km<sup>2</sup> drenados pelo rio Piracicaba, 62% apresentam susceptibilidade média a alta à deposição atmosférica ácida (Krusche et al., 2003).

O material orgânico particulado (MOP) em suspensão nos rios tem sido identificado como um componente importante do ecossistema fluvial por pelo menos três razões: a) uma quantidade apreciável do carbono é transportada na forma particulada (Meybeck 1982); b) o MOP é fonte de alimento para numerosos organismos e; c) conecta os trechos à montante e à jusante do rio (Cushing et al. 1993). A quantidade de MOP também influencia a composição química das águas superficiais (Sung 1995) e integra os processos naturais e antrópicos nas bacias de drenagem (Hedges et al. 1994). A comparação da composição isotópica do carbono orgânico fluvial da fração particulada ( $\delta^{13}\text{C}$ -MOP) com a da vegetação e dos solos da bacia de drenagem, permite identificar as fontes do carbono presente nos canais (Hedges et al. 1986; Quay et al. 1992; France-Lanord & Derry 1994). Isto é possível devido à grande diferença entre a composição isotópica do carbono em plantas C3 e C4, o que permite reconhecer a contribuição relativa de cada tipo de vegetação



para o material orgânico fluvial, particularmente em áreas nas quais a paisagem é coberta por uma mistura destas plantas. Nas regiões tropicais, rios que drenam áreas relativamente grandes nas quais a vegetação do tipo C3 está bem estabelecida na paisagem e o MOP teve tempo suficiente para adquirir o sinal isotópico da vegetação da bacia, as águas dos rios drenando bacias florestadas apresentam valores  $\delta^{13}\text{C-MOP}$  semelhantes aos deste tipo de vegetação, variando entre  $-30$  a  $-27$  ‰. Rios que drenam cerrados (C4) ou uma mistura de cerrados e florestas apresentam valores de  $\delta^{13}\text{C-MOP}$  entre  $-28$  e  $-19$  ‰. Nas áreas em que a vegetação nativa foi substituída recentemente ( $\sim 30$  a  $100$  anos atrás) por plantas C4 como por exemplo a cana-de-açúcar ou pasto, a origem do carbono orgânico particulado é menos documentada e conhecida.

O material orgânico particulado (MOP) em suspensão tem sido identificado como um componente importante do ecossistema fluvial por pelo menos três razões: a) uma quantidade apreciável do carbono é transportada na forma particulada (Meybeck 1982); o MOP é fonte de alimento para numerosos organismos e; c) conecta os trechos à montante e à jusante do rio (Cushing et al. 1993). A quantidade de MOP também influencia a composição química das águas superficiais (Sung 1995) e integra os processos naturais e antrópicos nas bacias de drenagem (Hedges et al. 1994). A comparação da composição isotópica do carbono orgânico fluvial da fração particulada ( $\delta^{13}\text{C-MOP}$ ) com a da vegetação e dos solos da bacia de drenagem, permite identificar as fontes do carbono presente nos canais (Hedges et al. 1986). Isto é possível devido à grande diferença entre a composição isotópica do carbono em plantas C3 e C4, o que permite reconhecer a contribuição relativa de cada tipo de vegetação para o material orgânico fluvial, particularmente em áreas nas quais a paisagem é coberta por uma mistura destas plantas. Nas regiões tropicais, rios que drenam áreas relativamente grandes nas quais a vegetação do tipo C3 está bem estabelecida na paisagem e o MOP teve tempo suficiente para adquirir o sinal isotópico da vegetação da bacia, as águas dos rios drenando bacias florestadas apresentam valores  $\delta^{13}\text{C-MOP}$  semelhantes aos deste tipo de vegetação, variando entre  $-30$  a  $-27$  ‰. Rios que drenam cerrados (C4) ou uma mistura de cerrados e florestas apresentam valores de  $\delta^{13}\text{C-MOP}$  entre  $-28$  e  $-19$  ‰. Nas áreas em que a vegetação nativa foi substituída recentemente ( $\sim 30$  a  $100$  anos atrás) por plantas C4 como por exemplo a cana-de-açúcar ou pasto, a origem do carbono orgânico particulado é menos documentada e conhecida.

A bacia do rio Piracicaba (SP), é um exemplo das consequências potenciais na composição química da água dos sistemas fluviais como resultado da expansão do cultivo de cana-de-açúcar. Nos últimos 70 a 80 anos, como resultado dos vários ciclos econômicos à qual esta região esteve submetida, quase 95 % da sua vegetação nativa foi substituída por café, laranja, pasto, cana-de-açúcar e silvicultura (pinus e eucalipo). Hoje, uma porção significativa da paisagem é coberta por plantas C4, abrangendo 76% da área da bacia, enquanto as plantas C3 ocupam apenas 18% da mesma. Do total de vegetação do tipo C4, a cana-de-açúcar ocupa 32 % da área e a pastagem 44% (Ballester et al., 2001). A composição isotópica do carbono do solo mostra claramente que o material C4 proveniente da cana já foi incorporado neste compartimento (Ballester et al., submetido). Apenas 12 anos de cultivo com cana-de-açúcar foram suficientes para modificar o  $\delta^{13}\text{C}$  da matéria orgânica do solo de seu valor original de  $-25.1$  para  $-23.0$  ‰. Após 50 anos de cultivo, este valor era  $-20.2$ ‰, e cerca de 40% do carbono C3 do solo proveniente da floresta tinha sido substituído por carbono C4 (Vitorello et al. 1989).

Na bacia do rio Piracicaba, entre 1999 e 2001, apesar da ampla faixa de valores observada na composição isotópica do  $\delta^{13}\text{C}$  do carbono das frações fina, grossa e dissolvida, a área acumulada coberta por plantas C4 explicou a maior parte da variabilidade obtida nos valores médio do  $\delta^{13}\text{C}$ , sendo esta relação estatisticamente significativa para todas elas (Ballester et al., submetido). Nas cabeceiras, onde existe uma mistura de plantas C3 e C4, os valores médios do  $\delta^{13}\text{C}$  de todas as frações foram estatisticamente semelhantes,  $-25,7 \pm 1,32$  ‰ (n = 75),  $-25,8 \pm 1,23$  ‰ (n = 78) e  $-23,4 \pm 0,94$  ‰ (n = 32) nas frações fina, grossa e dissolvida, respectivamente. Valores mais leves de  $\delta^{13}\text{C}$  ocorreram nas frações fina e grossa nesta região associadas ao crescimento de fitoplâncton. No período de águas baixas, os valores de  $\delta^{13}\text{C-MOP}$  são similares ao  $\delta^{13}\text{C}$  médio obtido em amostras com apenas fitoplâncton coletadas na bacia ( $-31,0 \pm 4,7$  ‰), sugerindo que a produção primária in situ pode ser uma fonte importante de carbono leve para o MOP do rio durante a estação. A medida que o rio entra nos setores subsequentes à jusante, nos quais a cultura de cana-de-açúcar (C4) domina a paisagem, observa-se um enriquecimento isotópico e os valores do  $\delta^{13}\text{C}$  tornam-se sempre mais pesados em todas as frações. Nesta área, a variabilidade do  $\delta^{13}\text{C}$  do MOP foi menor nos dois tributários principais. A fração fina apresentou uma média de  $-25,5 \pm 1,37$  ‰ (n = 32). Na fração grossa, estes valores foram mais pesados, com um  $\delta^{13}\text{C}$  médio de  $-24,6 \pm 0,96$  ‰ (n = 31). A fração ultrafiltrada apresentou um  $\delta^{13}\text{C}$  médio de  $-23,3 \pm 1,3$  ‰ (n=71).



No estado de Rondônia, solos com cobertura florestal apresentam composição isotópica do carbono que refletem os valores da vegetação C3, com uma variabilidade pequena no  $d^{13}C$ . Os valores observados nas camadas superficiais do solo abrangem uma faixa muito estreita, entre -27,0 e -28,5‰, os quais são consistentes com as medidas efetuadas em outras florestas tropicais (Neill et al., 2001). Nesta região, a introdução de gramíneas C4 (principalmente *brachiaria*) resulta em um enriquecimento isotópico do  $d^{13}C$  com valores aumentando em função do aumento da idade das pastagens. Depois 7 a 9 anos de cultivo com pastagens, a camada superficial do solo apresentava um valor médio de  $d^{13}C$  de  $-22,4 \pm 1,6$ ‰, atingindo  $-19,4 \pm 1,1$ ‰ após 20 anos de introdução da pastagem (Neill et al., 2001). Em 81 anos de cultivo, na camada do solo de 0-10 cm, os valores do  $d^{13}C$  atingiram  $-14,3$ ‰ (Moraes et al., 1996), valor muito próximo ao das gramíneas.

Na bacia de drenagem do rio Ji-Paraná (RO), as áreas em que a cobertura do solo dominante é a floresta, os valores do  $d^{13}C$  do carbono transportado nas frações fina e grossa no rio foram similares às observadas no rio Madeira (Hedges et al., 1986), variando entre -27,8 e -26,1‰. Na região das cabeceiras, onde a paisagem é dominada pela floresta tropical nativa composta majoritariamente por plantas C3, a fração fina apresentou um  $d^{13}C$  médio de  $-28,0 \pm 0,2$ ‰ ( $n = 20$ ). Na fração grossa, mais leve que a fina, foi observada uma média de  $-29,2 \pm 0,8$ ‰ ( $n = 24$ ), enquanto a fração ultrafiltrada apresentou os valores mais  $-26,9 \pm 1,5$ ‰ ( $n = 16$ ).

Vários estudos conduzidos na Amazônia na década de 1980 demonstraram que a cobertura vegetal da bacia de drenagem é um dos principais fatores controladores da composição isotópica do carbono presente na matéria orgânica transportada pelos rios (Hedges et al. 1986), além da textura do solo, que também pode exercer uma certa influência (Mariotti et al. 1991). Nos ecossistemas agrícolas da Amazônia, nos quais a floresta C3 original foi substituída por plantas C4, a matéria orgânica delas derivada é incorporada rapidamente nas camadas superficiais do solo (Moraes et al. 1996, Neill et al., 1997). Na bacia do rio Ji-Paraná (Figura 5), na porção central onde dominam as pastagens os valores médios do  $d^{13}C$  foram  $-26,9 \pm 2,4$ ‰ ( $n = 38$ ),  $-28,9 \pm 0,9$ ‰ ( $n = 40$ ) e  $-25,8 \pm 2,3$ ‰ ( $n = 30$ ), nas frações fina, grossa e dissolvida, respectivamente. Uma das características interessantes do trecho final da bacia do rio Ji-Paraná é a reversão do padrão de cobertura do solo predominante nos setores anteriores. A pastagem torna-se menos comum, com 64 % da paisagem coberta por vegetação C3 nativa, composta por floresta tropical e cerrado. Como resultado, a composição mais leve do  $d^{13}C$  desta vegetação afeta a composição do material orgânico em todas as frações particuladas e na dissolvida em trânsito no rio. Nesta região, os valores médios do  $d^{13}C$  da fração fina atingiram  $-28,3 \pm 1,2$ ‰ ( $n = 14$ ), na fração grossa  $-29,6 \pm 1,4$ ‰ ( $n = 18$ ) e  $-27,2 \pm 0,9$ ‰ ( $n = 10$ ) na dissolvida.

A maior parte das pastagens na bacia do rio Ji-Paraná foram estabelecidas entre as décadas de 80 e 90. Consequentemente, hoje, cerca de 50% da porção central da mesma é coberta por pastos com idade média de 20 anos. Estas mudanças relativamente recentes na cobertura e uso da região já tiveram um impacto detectável na composição da matéria orgânica do solo (Neill et al., 1997) e um enriquecimento isotópico do carbono orgânico fluvial é esperado a medida que a bacia drena áreas majoritariamente cobertas por pastagens. De fato, enquanto os valores do  $d^{13}C$  da fração grossa se assemelham muito aos do solo de florestas, as frações finas e dissolvida apresentam valores mais próximos dos da pastagem. Assim, como ocorreu com a composição química, o mesmo padrão foi observado nos levantamentos extensivos em setores de drenagem que combinam diferentes tipos de solos e coberturas dos mesmos. A área coberta por plantas C4 em cada uma dos setores explicou 62 % da variabilidade observada no  $d^{13}C$  da fração fina, 46 % da grossa e 55 % da dissolvida.

Mudanças significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas em função da expansão dos biocombustíveis. Os impactos ambientais resultantes, apesar de complexos e variáveis em cada região e tipo de cultura, estão relativamente bem documentados. Contudo, têm recebido menor atenção nos estudos de potencialidade e sustentabilidade para produção de agroenergia. De um modo geral, as culturas que apresentam menores impactos serão as que possuem menor demanda por irrigação, fertilizantes e pesticidas, bem como uma maior proteção do solo contra a erosão. Portanto, as políticas públicas deveriam encorajar aquelas medidas que possam ter um impacto positivo significativo na proteção dos recursos hídricos e dos solos a medida que a demanda por agroenergia aumenta.



## Referências Bibliográficas

- Agência Nacional de Águas - ANA, 2007. Sistema Hidroweb. [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br).
- Andreae, M.O. et al., Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*, 303: 1337-1342.2004.
- Ballester, M.V.R., et al.. Effects of increasing organic matter loading on the dissolved O<sub>2</sub>, free CO<sub>2</sub> and respiration rates in the Piracicaba river basin, Brazil. *Water Resources Research*, 33(9):2119-2129. 1999.
- Ballester, M.V.R.; et.al. Análise integrada de bacias de drenagem utilizando Sistemas de Informações Geográficas e biogeoquímica de águas superficiais a bacia do rio Piracicaba (São Paulo). In: Camargo, A. (Org.). *Conceito de Bacias Hidrográficas: teoria e aplicações*. v. 11. Ilheus, 2001.
- Ballester, M.V.R., et al.. A Remote Sensing/GIS-based physical template to understand the biogeochemistry of the Ji-Paraná River Basin (Western Amazônia). *Remote Sensing of the Environment*, 87 (4): 429-445. 2003.
- Ballester, M.V.R.; et al. Physical and human controls on the carbon composition of organic matter in tropical rivers: an integrated analysis of landscape properties and river isotopic composition. In: *Application of isotope techniques for nutrient cycling and management in rivers*. IAEA. Vienna, Austria. Submetido.
- Cerri, C.E. P., et al.. GIS Erosion Risk Assessment of the Piracicaba River Basin in Southeastern Brazil. *Mapping Sciences and Remote Sensing*, 38(3): 157-171.2001.
- Cushing, C.E., G.W. Minshall, and J.D. Newbold. Transport dynamics of fine particulate organic matter in two Idaho streams. *Limnology and Oceanography*, 38: 1101-1115. 1993.
- EMBRAPA. Diretrizes de política de agroenergia. 2006-2011. MAPA. 2006.
- Fraiture, C.; Giordan, M. & Liao, Y. Biofuels and implications for agricultural water use: blue impacts of green energy. *Water Policy* 10 Supplement 1: 67-81. 2008.
- Hedges, J.I., G.L. Cowie, J.E. Richey, P.D. Quay, R. Benner And M. Strom. Origins and processing of organic matter in the Amazon River as indicated by carbohydrates and amino acids. *Limnology and Oceanography*, 39: 743-761.1994.
- Hedges, J.I., et al. Organic carbon-14 in the Amazon River System. *Science*, 231:1129-1131. 1986.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.sidra.ibge.gov.br>. 2007
- IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymaker. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2007a.
- IPCC. *Fourth Assessment Report, Working Group III. Summary for Policymakers*. 2007b.
- King, C. W.; Holman, A.S.& Webber, M.E.. Thirst for energy. *Nature geoscience*, 1: 283-286. 2008
- Koonin. S.E. Getting Serious About Biofuels. *Science*, 311: 435. 2006.
- Krusche, A. V., et al.. Acid rain and nitrogen deposition in a sub-tropical watershed (Piracicaba): ecosystem consequences. *Environmental Pollution*, 121:389-399. 2003.





- Krusche, A.V., et al. As mudanças no uso da terra e a biogeoquímica dos corpos d'água na Amazônia. *Acta Amazônica*, 35(2): 209-217. 2005.
- Lara, L. et al. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba river basin, southeast Brazil. *Atmospheric Environment*, 35: 4937-4945. 2001.
- Mariotti, A., F. Gadel, P. Giresse, and Kinga-Mouzeo. 1991. Carbon isotope composition and geochemistry of particulate organic matter in the Congo River (Central Africa): Application to the study of Quaternary sediments off the mouth of the river. *Chemical Geology* 86: 345-357
- Moraes, J.F.L. de, et al.. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma* 70 63-81. 1996.
- Neill, C. et al. 1997. Soil Carbon and Nitrogen Stocks Following Forest Clearing for Pasture in the Southwestern Brazilian Amazon *Ecological Applications*, 7(4): 1216-1225.
- Neill, C.; Deegan, L. A.; Thomas, S. M. & Cerri, C.C.. Deforestation for pasture alters nitrogen and phosphorus in soil solution and streamwater of small Amazonian watersheds. *Ecological Applications* 11: 1817-1828.2001.
- Niell C.,L Deegan, S. Thomas, C.L. Hauper, A.V. Krusche, M.V.R. Ballester and R.L. Victoria. Deforestation alters hydraulic and biogeochemical characteristics of small lowland Amazonian streams. *Hydrological Processes*, 20: 2563 - 2580. 2006.
- Santiago, A.V. Simulações dos efeitos da cobertura vegetal no balanço hídrico da bacia do rio Ji-Paraná, RO. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 2006.
- Schnoor, Jerald L. et al. Water Implications of Biofuels Production in the United States. Report in brief. National Academy of Sciences. 4pps. 2007.
- Seago - Secretaria da agricultura, pecuária e abastecimento do estado do Tocantins. Tocantins rural. 2007 - 2010. 60pps. II., 2007.
- Somerville, C. The Billion-Ton Biofuels Vision. *Science*, 312: 1277. 2006.
- Sung, W. Some observations on surface partitioning of Cd, Cu and Zn in estuaries. *Environ. Sci. Technol.*, 29: 1303-1312. 1995.
- Thomas, S.; C. Neill, L. Deegan, A.V. Krusche, M.V.R. Ballester and Victoria, R.L. Influences of land use and stream size on particulate and dissolved materials in a small Amazonian stream network. *Biogeochemistry*, 68: 135-151. 2004.
- Tilman, D.; Hill, J. & Lehman, C. Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. *Science*, 314:1594-1600. 2006.
- UN. United Nations. Water for People, Water for Life. Executive Summary. World Water Assessment Programme UNESCO. 36pp.ii. 2003.
- UNESCO. The 2nd UN World Water Development Report: 'Water, a shared responsibility. [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/table\\_contents.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/table_contents.shtml). 2006.
- Varghese, S. Biofuels and Global Water Challenges. IATP Trade and Global Governance Program. Institute for Agriculture and Trade Policy. 7pps. II. 2008.



**Manejo e conservação do solo e da água  
no contexto das mudanças ambientais**

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

Victoria, D. de C., Santiago, A.V., Ballester, M. V. R., Pereira, A. R., R.L. Victoria and J.E. Richey. Water balance for the Ji-Paraná river basin, western Amazon, using a simple method through Geographical Information Systems and Remote Sensing. *Earth Interactions*, 11(5): 1-22. 2007a.

Victoria, D.C.; Collicchio, E. & Pereira, A.R. Balanço hídrico espacializado para o estado do Tocantins: implicações do aquecimento global para a cana-de-açúcar. In: XIII Encontro Científico dos Pós-Graduandos no CENA/USP. *Ciência: Ambiente e Responsabilidade Social*. 19 a 21 de setembro de 2007b.

Vitarello, V.A., C.C. Cerri, F. Andreux, C. Feller, and R.L. Victoria. Organic matter and natural carbon-13 distribution in forested and cultivated oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 773-778. 1989.



## Métodos de integração de indicadores para avaliação da qualidade do solo

**Guilherme Montandon Chaer**<sup>(1)</sup>

(1) Pesquisador Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000,  
[gchaer@cpnab.embrapa.br](mailto:gchaer@cpnab.embrapa.br)

**RESUMO:** Qualidade do solo tem sido definida como a capacidade do solo de desempenhar uma série de funções produtivas e ambientais. Essa definição é a base conceitual dos modelos desenvolvidos para o cálculo de índices de qualidade do solo (IQS). Em comum, todos eles envolvem a escolha de um conjunto mínimo de indicadores, a transformação dos valores dos indicadores em escores, e a combinação desses escores para gerar o índice. A complexidade e diversidade dos solos e a sua multiplicidade de usos, entretanto, estabelecem vários obstáculos à definição e padronização de um modelo universal. Dentre esses obstáculos destacam-se a falta de critérios objetivos para selecionar, transformar e pesar os indicadores de qualidade do solo nos modelos de IQS e a carência de informações para uma série de indicadores necessárias à definição de valores de referência para avaliar a magnitude da alteração na qualidade do solo relativa ao seu estado original. Nesse artigo é descrita a estrutura conceitual dos principais modelos de cálculo de IQS. São também discutidas as propostas para reduzir a subjetividade na seleção de indicadores e sua parametrização dos modelos, e o uso de ordenações multivariadas como alternativa para avaliar a qualidade dos solos a partir de um conjunto de indicadores.

**PALAVRAS-CHAVE:** índice de qualidade do solo; ordenações multivariadas; monitoramento ambiental.

### Introdução

A qualidade do solo é vital para a produção sustentável de alimentos e fibras e para o equilíbrio geral do ecossistema. Manter ou aumentar a qualidade dos solos pode prover uma série de benefícios econômicos e ambientais. Por exemplo, solos de alta qualidade são mais produtivos, pois permitem uma melhor eficiência da utilização de água e nutrientes pelas culturas. Adicionalmente, o manejo adequado do solo promove a melhoria na qualidade da água e do ar via a redução da erosão, lixiviação de contaminantes e da emissão de gases de efeito estufa. A mensuração desses benefícios, no entanto, pressupõe a existência de um método ou índice que permita acessar e monitorar a qualidade dos solos manejados de forma a permitir a discriminação de sistemas sustentáveis daqueles não sustentáveis.

No entanto, a avaliação da qualidade do solo não é uma tarefa simples. O solo é um corpo complexo com inúmeros processos físicos, químicos e biológicos os quais estão em constante fluxo, são heterogêneos em natureza, e que muitas vezes são de difícil mensuração (Kelling et al., 1999). Além disso, existe uma enorme diversidade de tipos de solo, os quais podem ser submetidos a uma multiplicidade de usos. Essas dificuldades aumentam ainda mais quando se considera a atual definição de qualidade do solo, resumida como a capacidade do solo de desempenhar uma série de funções produtivas e ambientais (Larson e Pierce, 1991; Doran e Parkin, 1994). Em consequência desses aspectos, definir um padrão de qualidade universal para os solos não é possível. Apesar dessas dificuldades, várias estratégias têm sido propostas para calcular um índice de qualidade do solo (IQS) como meio de derivar uma expressão numérica para a qualidade geral dos solos (Doran e Parkin, 1994; Karlen e Stott, 1994; Wang e Gong, 1998; Hulgalle et al., 1999; Islam e Weil, 2000; Andrews e Carroll, 2001). Esses modelos têm sido aplicados para avaliar os efeitos de diferentes usos do solo (Fu et al., 2004; Rezaei et al., 2005), e de práticas de manejo a exemplo do preparo do solo (Hussain et al., 1999; Chaer, 2001; Diack e Stott, 2001; Cambardella et al., 2004), da aplicação de resíduos culturais e adubos orgânicos (Karlen e Stott, 1994; Andrews e Carroll, 2001; Lee et al., 2006), da comparação de sistemas de produção convencional versus orgânico (Glover et al., 2000; Andrews et al., 2002a; Andrews et al., 2002b), e de programas de recuperação de áreas degradadas (Wang e Gong, 1998). Em comum, todos os modelos propostos incluem três passos principais para produzir o IQS: (1) a seleção de um conjunto mínimo de propriedades físicas, químicas ou biológicas designadas como indicadores de qualidade do solo; (2) a definição de um sistema de pontuação para interpretar a adequabilidade dos valores do indicador e transformá-los para uma escala comum, e (3) a combinação das pontuações dos indicadores para produzir o índice.



Neste artigo são apresentados os principais métodos propostos para avaliar a qualidade do solo a partir de informações de um conjunto de indicadores físicos, químicos e biológicos. Uma ênfase maior é dada aos modelos de IQS em razão do seu crescente uso e das várias dificuldades a serem ainda transpostas para a sua aplicação em larga escala como ferramenta de avaliação e monitoramento da qualidade dos solos.

## ESTADO DA ARTE

### Modelos de IQS

Modelos para o cálculo de índices de qualidade do solo (IQS) evoluíram a partir de modelos desenvolvidos para acessar o potencial produtivo dos solos. Esses modelos usavam uma combinação de informações tanto subjetivas quanto empíricas que relacionavam propriedades do solo com medidas de produtividade. Por exemplo, Kiniry et al. (1983) propuseram um modelo multiplicativo para gerar um índice de produtividade (PI) o qual descrevia o relacionamento entre produtividade vegetal e cinco propriedades do solo:

$$PI = \sum_{i=1}^r (A \times B \times C \times D \times E \times RI)_i \quad (1)$$

onde A, B, C, D e E são os valores de suficiência para água disponível, aeração, densidade do solo, pH e condutividade elétrica e RI é o peso baseado na distribuição de raízes ideal em cada horizonte *i* do solo. O termo “suficiência” refere-se ao crescimento ótimo da raiz. Assim, esse modelo assume que a produtividade vegetal é primariamente dependente do crescimento ótimo das raízes e que a distribuição vertical das mesmas é geneticamente controlada e totalmente expressa sob condições ótimas de solo. Vários índices de produtividade alternativos foram desenvolvidos pela modificação do conjunto de propriedades e das funções de suficiência propostos por Kiniry et al. (1983) de forma a melhorar o desempenho do modelo para diferentes tipos de solo e sistemas de produção (Pierce et al., 1983; Gale et al., 1991).

Os modelos de IQS são similares em conceito aos de índice de produtividade, exceto que nos IQS as propriedades do solo representam, além de produtividade, outras funções do solo. Desse modo, um IQS deve representar o desempenho de funções produtivas e ambientais chaves do solo. Algumas funções importantes do solo incluem: o suporte físico para as raízes das plantas; a retenção, suprimento e ciclagem de nutrientes; a retenção e a condutividade de água; o suporte para as cadeias alimentares e a biodiversidade do solo; o tamponamento e filtragem de substâncias tóxicas e o sequestro de carbono (Bezdicsek et al., 1996; Daily et al., 1997). Uma vez definido o conjunto de indicadores capazes de representar o desempenho dessas funções chaves do solo, o IQS é gerado por meio de um modelo matemático que integra as medidas dos indicadores. O método mais comumente usado para este fim é o aditivo-ponderado (tradução livre de “weight-additive model”) o qual pode ser representado pela seguinte equação:

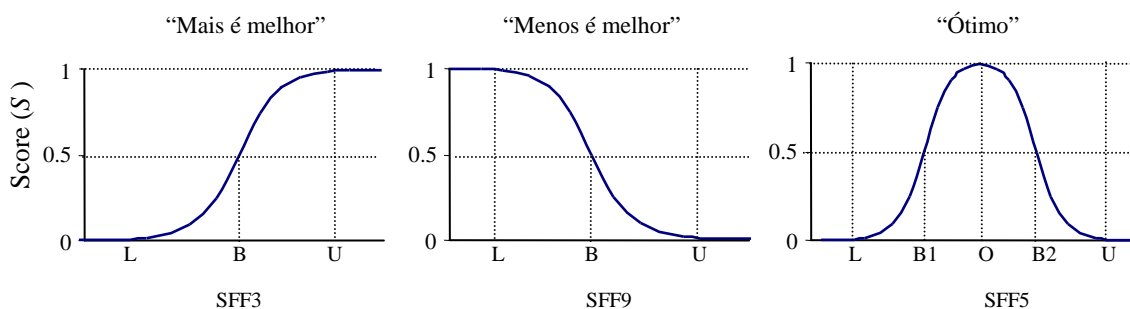
$$SQI = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (2)$$

onde *n* representa o número total de indicadores de qualidade do solo, *S<sub>i</sub>* é o valor da pontuação atribuído ao indicador *i*, e *W<sub>i</sub>* é o peso do indicador *i* relativo ao grau de importância desse indicador na qualidade geral do solo. Um dos primeiros proponentes do modelo aditivo-ponderado foram Karlen & Stott (1994) os quais designaram um IQS para acessar a capacidade do solo de resistir à erosão pela água. Eles sugeriram que um solo de alta qualidade deveria acomodar a entrada de água, facilitar a transferência e absorção de água, resistir à degradação e sustentar o crescimento vegetal. O método usado para definir um IQS com base nessas quatro funções do solo consiste dos seguintes passos: (i) definição de pesos de importância para cada função do solo; (ii) definição de um subconjunto de indicadores de qualidade do solo capazes de representar cada função; (iii) definição de pesos para cada indicador de acordo com a sua importância relativa para representar a respectiva função do solo; (iv) pontuação dos valores do indicador e (v) o cálculo do IQS.

Karlen & Stott (1994) sugeriram o uso de funções de pontuação padrão não-lineares (SSF – “non-linear standard scoring functions”) (Wymore, 1993) como método de transformar os valores dos indicadores para uma escala normalizada entre zero e um de acordo com a sua adequabilidade em especificar uma função do solo. As SSF são definidas pela seguinte equação:

$$Score(S) = \frac{1}{1 + ((B - L)/(x - L))^{2s(B+x-2L)}} \quad (3)$$

onde  $x$  é valor observado do indicador de qualidade do solo;  $B$  é o valor da linha base definido como o valor do indicador onde a função pontua 0,5 (ou 50% do limite superior);  $s$  é a declividade da tangente da função de pontuação no valor da linha base  $B$ , e  $L$  é o limite inferior do indicador abaixo do qual ele irá pontuar em zero, se  $s$  for positivo, ou em um, se  $s$  for negativo (Fig. 1). Wymore (1993) definiu 12 famílias de SSF a partir da equação 3, as quais geram curvas sigmóides com diferentes características. Entretanto, apenas 3 famílias foram identificadas por Karlen & Stott (1994) como de interesse para pontuar indicadores de qualidade do solo (Fig. 2). O primeiro tipo (família SSF3), comumente chamada de “mais é melhor”, possui o parâmetro  $s$  positivo e uma forma que é zero a partir de  $-\infty$  até o valor  $L$ , aumenta até “um” do ponto  $L$  ao ponto  $U$  (limite superior), e é “um” a partir desse ponto até  $\infty$ . O segundo tipo (família SSF9), denominado “menos é melhor”, possui  $s$  negativo e forma inversa à da SSF3. O último tipo é uma curva em forma de sino, ou curva de “ótimo”, (família SSF5) a qual é formada pela combinação das duas curvas anteriores onde o ponto ótimo “O” corresponde ao limite superior da SSF3 e ao limite inferior da SSF9 (Fig. 2). Karlen & Stott (1994) sugeriram que o tipo e os parâmetros das SSF para cada indicador devem ser definidos a partir de informações de especialistas, ou de bancos de dados específicos.



**Figura 1.** Funções de pontuação não-lineares usadas para ranquear indicadores de qualidade do solo. (L – limite inferior; B – linha base; U – limite superior; O – ótimo). (Adaptado de Wymore, 1993).

Após a pontuação dos indicadores, o IQS é calculado da seguinte forma (Tabela 1): (1) a pontuação de cada indicador ( $S_i$ ) é multiplicada pelo seu respectivo peso ( $W_i$ ); (2) os produtos  $S_i \times W_i$  de cada indicador (I) representando a respectiva função (F) são somados para produzir a pontuação da função ( $S_F$ ); (3) as pontuações das funções são multiplicadas pelos seus respectivos pesos ( $W_F$ ) e (4) os produtos  $S_F \times W_F$  somados para produzir o IQS. O IQS pode também ser calculado diretamente por meio da equação 2, se o peso geral correspondente a cada indicador for calculado. Isso pode ser feito simplesmente pela multiplicação do peso atribuído ao indicador pelo peso de sua respectiva função, ou pela soma desses produtos caso o indicador estiver associado a mais de uma função. No entanto, deve ser ressaltado que o cálculo simplificado do IQS suprime a obtenção dos índices de qualidade de cada função do o que pode ser indesejável em muitas situações.

**Tabela 1.** Método geral proposto por Karlen & Stott (1994) para definir pesos para os indicadores de qualidade e para calcular o IQS.

Função do solo (F)	Pontuação ( $S_F$ )	Peso ( $W_F$ )	Produto ( $S_F \times W_F$ )	Indicador (I)	Pontuação ( $S_i$ )	Peso ( $W_i$ )	Produto ( $S_i \times W_i$ )
$F_1$	$S_{F1}$	$W_{F1}$	$S_{F1} \times W_{F1}$	$I_{1,F1}$	$S_{1,F1}$	$W_{1,F1}$	$S_{1,F1} \times W_{1,F1}$
:				:	:	:	:
:				$I_{n,F1}$	$S_{n,F1}$	$W_{n,F1}$	$S_{n,F1} \times W_{n,F1}$
:							$\Sigma = S_{F1}$
$F_i$	$S_{Fi}$	$W_{Fi}$	$S_{Fi} \times W_{Fi}$	$I_{1,Fi}$	$S_{1,Fi}$	$W_{1,Fi}$	$S_{1,Fi} \times W_{1,Fi}$
				:	:	:	:
				$I_{n,Fi}$	$S_{n,Fi}$	$W_{n,Fi}$	$S_{n,Fi} \times W_{n,Fi}$
							$\Sigma = S_{Fi}$
			$\Sigma = IQS$				



Devido à flexibilidade do modelo conceitual proposto por Karlen & Stott (1994) o mesmo tem sido aplicado em diversos tipos de solo e sistemas de cultivo para avaliar os efeitos de práticas de manejo sobre a qualidade do solo (Karlen et al., 1994; Hussain et al., 1999; Glover et al., 2000; Chaer, 2001; Huang et al., 2004; Zhang e Zhang, 2005). Entretanto, algumas alternativas à SSF têm sido propostas para a pontuação de indicadores. Estas incluem as tabelas de pontuação (Wang e Gong, 1998; Chaudhury et al., 2005), as funções lineares (Diack e Stott, 2001; Liebig et al., 2001; Fu et al., 2004) e as curvas de suficiência obtidas pela regressão dos indicadores contra medidas de produtividade (Kelting et al., 1999; Rezaei et al., 2005).

### Limitações dos modelos de IQS

A aplicação dos IQS certamente se apresenta como uma alternativa bastante atraente para o monitoramento do uso do solo ou para a definição daquelas práticas de manejo mais eficientes. No entanto, alguns desafios ainda se impõem ao desenvolvimento e uso dessa metodologia. Por exemplo, na maioria dos modelos de IQS, a exemplo daquele proposto por Karlen e Stott (1994), são usados critérios arbitrários para selecionar, transformar e pesar os indicadores de qualidade do solo. Apesar de esses parâmetros serem definidos por meio da opinião de especialistas, a falta de critérios objetivos permite a eventual definição de modelos bastante diferentes para avaliar um mesmo solo, com base em razões e julgamentos diferentes. A definição desses parâmetros pode, dessa forma, influenciar significativamente nos índices obtidos e, conseqüentemente, na interpretação dos resultados do trabalho.

A arbitrariedade dos modelos de IQS pode ser exemplificada utilizando-se os dados extraídos do trabalho de Diack e Stott (2001). Nesse estudo, os autores definiram um modelo para calcular um IQS para comparar a qualidade do solo após 16 anos de cultivo usando-se plantio direto, subsolagem, ou arado de aiveca. Foram definidas cinco funções do solo e um conjunto de indicadores para avaliar o desempenho dessas funções (Tabela 2). Pesos de importância foram atribuídos às funções do solo e distribuídos entre os respectivos indicadores. Os valores dos indicadores foram convertidos para uma escala entre 0 e 1 e os IQS obtidos conforme o modelo aditivo-ponderado (Equação 2; Tabela 1). A tabela 2 mostra também pesos alternativos atribuídos à mesma estrutura de funções/indicadores proposta por Diack e Stott (2001) e os IQS resultantes da combinação desses pesos com as pontuações originais dos indicadores. Com base no modelo com os pesos originais, os autores concluíram que a qualidade do solo foi maior no sistema de cultivo com subsolagem (IQS = 0,623) e que a qualidade do solo dos sistemas sob plantio direto e sob o uso de arado de aiveca praticamente não diferiu. Entretanto, o cálculo dos IQS a partir dos pesos alternativos mostra que a conclusão do estudo poderia ter sido diferente, uma vez que, nesse caso, a maior qualidade do solo seria aquela sob o sistema de plantio direto (IQS = 0,609).

**Tabela 2.** Modelo proposto por Diack e Stott (2001) para definir um IQS para avaliar três sistemas cultivo do solo (plantio direto, subsolagem ou arado de aiveca). Uma alternativa ao modelo original foi gerada pela proposição de diferentes pesos para os indicadores de qualidade do solo e os IQS foram recalculados (modelo alternativo mostrado em vermelho)

Funções do solo	Indicadores	Pesos		Pontuação		
		original	modif.	Plantio direto	Subsolagem	Arado de aiveca
Permitir a entrada de água	Taxa de infiltração	0,4	0,13	0,42	0,91	0,69
Facilitar o transporte e absorção de água	Densidade do solo	0,05	0,06	0,10	0,10	0,10
	Permeabilidade do solo	0,05	0,06	0,10	0,52	0,64
Resistir à degradação física	Índice de selamento	0,25	0,25	0,37	0,22	0,09
Resistir à degradação bioquímica	C orgânico total	0,04	0,05	0,90	0,85	0,80
	C orgânico particulado	0,04	0,05	0,90	0,43	0,38
	C orgânico dissolvido	0,04	0,05	0,90	0,65	0,63
	C da biomassa microb.	0,04	0,05	0,90	0,58	0,35
	Ativ. enzimática (FDA)	0,04	0,05	0,90	0,80	0,68
Sustentar o crescimento vegetal	N total	0,05	0,25	0,90	0,82	0,86
<b>IQS com pesos originais</b>				<b>0,496</b>	<b>0,623</b>	<b>0,492</b>
<b>IQS com pesos modificados</b>				<b>0,609</b>	<b>0,581</b>	<b>0,513</b>



A alternativa que tem sido sugerida para reduzir a arbitrariedade na seleção de parâmetros em modelos de IQS é o uso da análise de componentes principais (ACP) para selecionar o conjunto mínimo de indicadores a partir de um grande grupo de características do solo, assim como para definir seus respectivos pesos no modelo (Brejda et al., 2000; Andrews e Carroll, 2001; Andrews *et al.*, 2002a). Entretanto, os autores enfatizam que o método requer a existência prévia de um extenso banco de dados, incluindo todos os solos considerados, e que o método é inadequado quando o número de indicadores ou observações é baixo (Andrews *et al.*, 2002a). Outra crítica ao método refere-se ao fato de que o mesmo tende a selecionar apenas as características do solo mais sensíveis como indicadores, independentemente de como elas efetivamente se relacionam com a qualidade do solo ou do quanto elas são representativas ou não das principais funções do solo.

Outro problema crítico no desenho de modelos de IQS é a falta valores de referência em condições específicas (tipo e uso do solo). Este problema é especialmente importante quando se deseja fazer uso de indicadores biológicos nos modelos dada a escassez de informações e bancos de dados que possam ser usados para definir parâmetros para as respectivas funções de pontuação. Como alternativa, têm se usado áreas de vegetação natural próximas aos solos estudados para definir valores ótimos para indicadores biológicos. No entanto, é difícil garantir que esses valores são válidos quando se avalia ecossistemas completamente alterados, como é o caso de áreas degradadas, ou, quando o ecossistema já atingiu um ponto de equilíbrio entre os processos biológicos e de ciclagem de nutrientes bem distinto daquele presente no solo sob a condição original.

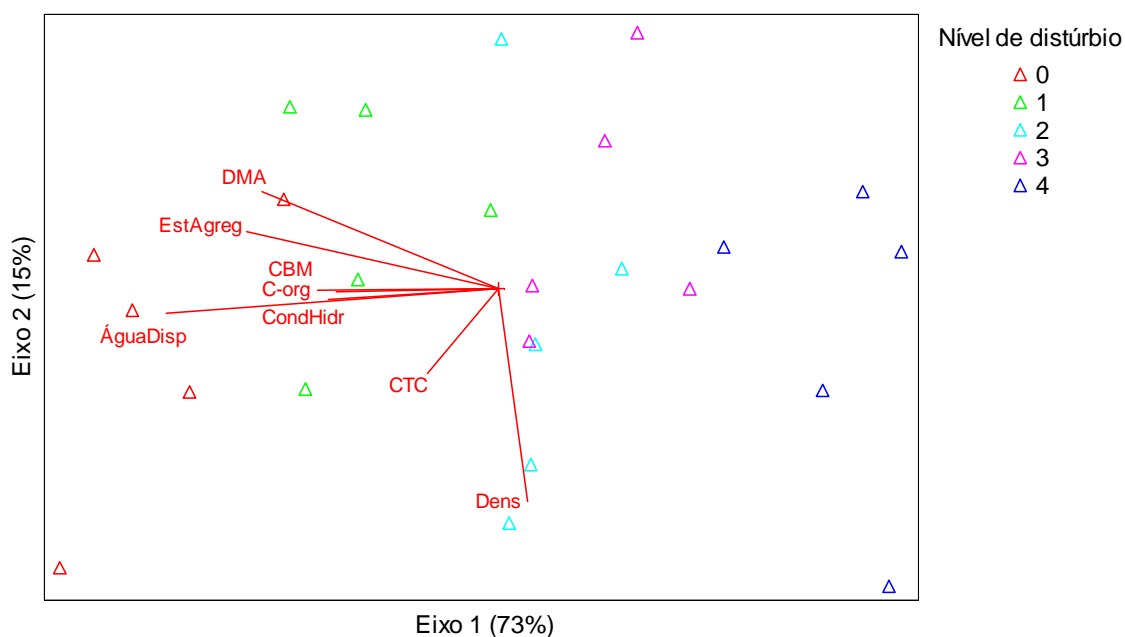
### Ordenações multivariadas

Ordenações multivariadas constituem-se em alternativas aos modelos de IQS como método de avaliação da qualidade do solo a partir de um conjunto de indicadores. Em relação aos IQS, as ordenações são mais simples de serem implementadas, pois dispensam a definição de toda a estrutura formal dos modelos de IQS (funções do solo, indicadores, pesos, funções de pontuação etc). Os métodos de ordenação mais tradicionais são a análise de componentes principais (ACP) (Pearson, 1901) e, sua variante, a análise de fatores (Goodall, 1954). Recentemente, o método de ordenação “nonmetric multidimensional scaling” (NMS) (Shepard, 1962) tem sido crescentemente usado como uma alternativa a esses métodos, uma vez que permite avaliar faixas muito mais abrangentes de estrutura dos dados (McCune e Grace, 2002).

Independente do método de ordenação usado, a análise procede pela definição do conjunto de indicadores de qualidade do solo que serão usados na análise. Tais indicadores devem estar disponíveis para todas as áreas consideradas. Dentre essas, é desejável a presença de uma ou mais áreas que possam ser usadas como referenciais de qualidade do solo. Em geral, são usados solos sob vegetação nativa ou que tenham sofrido mínima intervenção antrópica. Pressupõe-se, nesse caso, que as características físicas, químicas e biológicas de solos sob vegetação nativa evoluíram para uma condição de equilíbrio o qual assegura a viabilidade em longo-prazo de suas funções no ecossistema (Trasar-Cepeda et al., 1998). Alternativamente, podem ser definidos referenciais teóricos a partir da escolha de valores ótimos para cada um dos indicadores considerados na análise (ex., Balieiro et al., 2005).

O resultado da ordenação multivariada constitui-se em um gráfico, geralmente bi- ou tri-dimensional, onde a qualidade do solo dos “casos” ordenados (tratamentos experimentais, áreas com diferentes históricos de manejo etc.) pode ser avaliada com base na distância gráfica em relação ao referencial de qualidade ou por meio da correlação dos indicadores do solo com os eixos da ordenação. A título de exemplo, foi realizada a ordenação multivariada (método NMS) de cinco tratamentos experimentais representando cinco níveis de distúrbio do solo (Fig. 2) (dados extraídos de (Chaer et al., 2007)). Os distúrbios consistiram da aplicação de 0, 1, 2, 3 e 4 eventos de aração/gradagem realizados durante um período de 3 meses. Foram considerados na análise os dados obtidos de 8 indicadores físicos, químicos e biológicos analisados a partir de amostras de solo coletadas 60 dias após o último evento de aração/gradagem. O gráfico mostra nitidamente a separação dos tratamentos ao longo do eixo 1 da ordenação o qual agrupou 73% da variância total dos dados. Assim, as parcelas controle agruparam-se à esquerda do gráfico e as demais parcelas tratadas ordenaram-se ao longo do eixo 1 em proporção ao nível de distúrbio sofrido. A sobreposição dos vetores de correlação de cada indicador com os eixos da ordenação revelaram que a separação dos tratamentos foi principalmente relacionada a mudanças no conteúdo de água disponível, condutividade hidráulica, carbono orgânico, biomassa microbiana e no diâmetro médio e estabilidade de agregados do solo. Ao contrário, CTC e densidade do solo sofreram pouca ou nenhuma influência dos tratamentos de

aração/gradagem. (Outros exemplos da aplicação de ordenações multivariadas para avaliação da qualidade do solo podem ser encontradas em (Wick et al., 2002; Balieiro et al., 2005).



**Figura 2.** Ordenação NMS de parcelas experimentais representando cinco tratamentos de distúrbio do solo com base em 8 indicadores de qualidade do solo. Os vetores representam graficamente a correlação de cada indicador com os dois eixos da ordenação. (DMA – diâmetro médio de agregados; EstAgreg – estabilidade de agregados em água; CBMic – carbono da biomassa microbiana; C-org – carbono orgânico total; ÁguaDisp – água disponível entre os potenciais de -10 e -1500 kPa; CondHidr – condutividade hidráulica saturada de campo; CTC – capacidade de troca de cátions; Dens – densidade do solo).

Embora o uso de ordenações multivariadas para avaliação da qualidade do solo seja adequado em várias situações, este método apresenta a desvantagem de não fornecer uma medida quantitativa da qualidade do solo como os modelos de IQS. No entanto, dada a facilidade da análise e da interpretação gráfica, as ordenações podem ser de especial ajuda na análise exploratória dos dados ou, como mencionado anteriormente, como técnica de seleção do conjunto mínimo de indicadores a serem usados nos modelos de IQS (Brejda et al., 2000b; Andrews et al., 2002a).

### Considerações Finais

A falta de critérios ou ferramentas adequadas para monitorar a qualidade dos solos manejados faz com que, em muitas situações, a sua degradação somente seja detectada em seus estágios mais avançados, o que dificulta ou mesmo inviabiliza ações de recuperação. Dessa forma, o desenvolvimento de um modelo o qual seja baseado em funções inequivocamente importantes para quaisquer solos sob o aspecto da sustentabilidade agrícola, deverá servir como uma ferramenta para a quantificação direta do estado de preservação dos solos, bem como para o monitoramento da adequabilidade de manejos e usos da terra. A aplicação de tal estratégia possibilitará garantir a manutenção ou melhoria da qualidade dos solos manejados, ou ao menos, aumentar o conhecimento sobre a situação de degradação destes de modo a orientar a legislações e políticas relacionadas à ocupação e fiscalização do uso do solo.





## Referências Bibliográficas

- ANDREWS, S.S. & CARROLL, C.R. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agroecosystem management. *Ecological Applications*, 11:1573-1585, 2001.
- ANDREWS, S.S.; KARLEN, D.L. & MITCHELL, J.P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 90:25-45, 2002a.
- ANDREWS, S.S.; MITCHELL, J.P.; MANCINELLI, R.; KARLEN, D.L.; HARTZ, T.K.; HORWATH, W.R.; PETTYGROVE, G.S.; SCOW, K.M. & MUNK, D.S. On-farm assessment of soil quality in California's central valley. *Agronomy Journal*, 94:12-23, 2002b.
- BALIEIRO, F.C.; CHAER, G.M.; REIS, L.L.; FRANCO, A.A. & FRANCO, N.O. Qualidade do solo em áreas degradadas. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Recife, PE. SBCS/UFRPE/Embrapa Solos-UEP, 2005. CD-room.
- BEZDICEK, D.; PAPENDICK, R.I. & LAL, R. Importance of soil quality to health and sustainable land management. *Methods for assessing soil quality*, 1996.
- BREJDA, J.J.; MOORMAN, T.B.; KARLEN, D.L. & DAO, T.H. Identification of regional soil quality factors and indicators: I. Central and southern high plains. *Soil Science Society of America Journal*, 64:2115-2124, 2000.
- CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; ANDREWS, S.S. & KARLEN, D.L. Watershed-scale assessment of soil quality in the loess hills of southwest Iowa. *Soil & Tillage Research*, 78:237-247, 2004.
- CHAER, G.M.; FERNANDES, M.F.; MYROLD, D.D. & BOTTOMLEY, P.J. Shifts in microbial community structure across an induced gradient of soil degradation using PLFA-, and CLPP- techniques. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado, RS. Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007. CD-room.
- CHAER, G.M. Modelo para determinação de índice de qualidade do solo baseado em indicadores físicos, químicos e microbiológicos. 89 f. MS - Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- CHAUDHURY, J.; MANDAL, U.K.; SHARMA, K.L.; GHOSH, H. & MANDAL, B. Assessing soil quality under long-term rice-based cropping system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36:1141-1161, 2005.
- DAILY, G.C.; MATSON, P.A. & VITOUSEK, P.M. Ecosystem services supplied by soil. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, 1997.
- DIACK, M. & STOTT, D.E. Development of a soil quality index for the chalmers silty clay loam from the midwest USA. In: STOTT, D. E. et al, ed. *The global farm*. West Lafayette, IN, Purdue University and USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, 2001. p.550-555.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. *SSSA special publication*. n. 351994. p. 3-21.
- FU, B.J.; LIU, S.L.; CHEN, L.D.; LU, Y.H. & QIU, J. Soil quality regime in relation to land cover and slope position across a highly modified slope landscape. *Ecological Research*, 19:111-118, 2004.
- GALE, M.R.; GRIGAL, D.F. & HARDING, R.B. Soil Productivity Index: Predictions of Site Quality for White Spruce Plantations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55:1701-1708, 1991.
- GLOVER, J.D.; REGANOLD, J.P. & ANDREWS, P.K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 80:29-45, 2000.
- HUANG, Y.; WANG, S.L.; FENG, Z.W.; OUYANG, Z.Y.; WANG, X.K. & FENG, Z.Z. Changes in soil quality due to introduction of broad-leaf trees into clear-felled Chinese fir forest in the mid-subtropics of China. *Soil Use and Management*, 20:418-425, 2004.
- HULUGALLE, N.R.; ENTWISTLE, P.C. & MENSAH, R.K. Can lucerne (*Medicago sativa* L.) strips improve soil quality in irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fields? *Applied Soil Ecology*, 12:81-92, 1999.



- HUSSAIN, I.; OLSON, K.R.; WANDER, M.M. & KARLEN, D.L. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil & Tillage Research*, 50:237-249, 1999.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79:9-16, 2000.
- KARLEN, D.L. & STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. SSSA special publication. n. 351994. p. 53-72.
- KARLEN, D.L.; WOLLENHAUPT, N.C.; ERBACH, D.C.; BERRY, E.C.; SWAN, J.B.; EASH, N.S. & JORDAHL, J.L. Long-term tillage effects on soil quality. *Soil & Tillage Research*, 32:313-327, 1994.
- KELTING, D.L.; BURGER, J.A.; PATTERSON, S.C.; AUST, W.M.; MIWA, M. & TRETTIN, C.C. Soil quality assessment in domesticated forests - a southern pine example. *Forest Ecology and Management*, 122:167-185, 1999.
- KINIRY, L.N.; SCRIVNER, C.L. & KEENER, M.E. A soil productivity index based upon predicted water depletion and root growth. 1501 f. - Missouri Agric. Exp. Stn. Res. Bull., Columbia, MO., 1983.
- LARSON, W.E. & PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. Evaluation for sustainable land management in the developing world : proceedings of the International Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai, Thailand, 15-21 September 1991: [Bangkok, Thailand : International Board for Soil Research and Management, 1991], 1991. p. 175-203.
- LEE, C.H.; WU, M.Y.; ASIO, V.B. & CHEN, Z.S. Using a soil quality index to assess the effects of applying swine manure compost on soil quality under a crop rotation system in Taiwan. *Soil Science*, 171:210-222, 2006.
- LIEBIG, M.A.; VARVEL, G. & DORAN, J. A Simple performance-based index for assessing multiple agroecosystem functions. *Agronomy Journal*, 93:313-318, 2001.
- MCCUNE, B. & GRACE, J.B. *Analysis of Ecological Communities*. Glenden Beach, OR: MjM Software Design, 2002.
- PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space'. *Philosophical Magazine*, Sixth Series, 2:559-572, 1901.
- PIERCE, F.J.; LARSON, W.E.; DOWDY, R.H. & GRAHAM, W.A.P. Productivity of soils: assessing long-term changes due to erosion. *J. Soil Water Conserv.*, 38:39-44, 1983.
- REZAEI, S.A.; GILKES, R.J.; ANDREWS, S.S. & ARZANI, H. Soil quality assessment in semiarid rangeland in Iran. *Soil Use and Management*, 21:402-409, 2005.
- SHEPARD, R.N. The analysis of proximities: Multidimensional scaling with an unknown distance function. I. *Psychometrika*, 27:125-139, 1962.
- TRASAR-CEPEDA, C.; LEIROS, C.; GIL-SOTRES, F. & SEOANE, S. Towards a biochemical quality index for soils: An expression relating several biological and biochemical properties. *Biology and Fertility of Soils*, 26:100-106, 1998.
- WANG, X.J. & GONG, Z.T. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. *Geoderma*, 81:339-355, 1998.
- WICK, B.; KUHNE, R.F.; VIELHAUER, K. & VLEK, P.L.G. Temporal variability of selected soil microbiological and biochemical indicators under different soil quality conditions in south-western Nigeria. *Biology and Fertility of Soils*, 35:155-167, 2002.
- WYMORE, A.W. *Model-based systems engineering: an introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the tricotyledon theory of system design*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 1993.
- ZHANG, H. & ZHANG, G.L. Landscape-scale soil quality change under different farming systems of a tropical farm in Hainan, China. *Soil Use and Management*, 21:58-64, 2005.



## Remediação do Solo e da Água: Aspectos Gerais

Daniel V. Pérez<sup>(1)</sup> & Monica R.M.P. de Aguiar<sup>(2)</sup>

(1) Pesquisador Embrapa Solos, R.Jardim Botânico, 1024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22460-000,  
[daniel@cnps.embrapa.br](mailto:daniel@cnps.embrapa.br) (palestrante)

(2) Professor IQ/UERJ, R. S. Francisco Xavier, 524, PHLC, s. 406, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20550-013

**RESUMO:** Historicamente, o solo tem sido utilizado por gerações como receptor de substâncias resultantes da atividade humana. A partir da Revolução Industrial, a liberação descontrolada de poluentes para o ambiente e sua conseqüente acumulação no solo e nos aquíferos sofreu uma mudança drástica de forma e de intensidade, explicada pelo aumento do volume e dos tipos de resíduos gerados pelas atividades urbanas, industriais e agrícolas. Dentro deste contexto, o estudo das interações de diversos tipos de poluentes inorgânicos e orgânicos em solos, como forma de mitigar sua acumulação e possível impacto sobre a biota e as águas subterrâneas é fundamental.

**Palavras-chave:** Hidrocarbonetos; metais pesados; HPA.

### Introdução

Como resultado mundial da urbanização e da industrialização, inúmeros compostos orgânicos tóxicos têm sido encontrados ao longo de toda a superfície e subsuperfície terrestre. Este fato é resultante de práticas inadequadas de disposição de resíduos químicos, como por exemplo, vazamento acidental, ou não, durante seu manuseio, transporte ou armazenamento (Kong, et al., 1998).

A quantidade de resíduos industriais contaminados com esses poluentes, conhecidos como recalcitrantes (por não serem biodegradáveis) tem aumentado significativamente. Muitos dessas substâncias possuem um alto risco para a saúde humana, e por vezes, até mesmo aos próprios microrganismos que, eventualmente, poderiam vir a fazer a sua biodegradação. Dessa forma, um tratamento adequado para essas áreas alteradas torna-se necessário e de suma importância para a recuperação desses sistemas naturais.

Dessa forma, este trabalho versará sobre a atual situação sobre os valores de referências de solos nacionais para vários elementos e apresentar as tecnologias de remediação de solos contaminados com poluentes orgânicos.

### Estado Da Arte

#### O que é um solo contaminado?

Se não há o conhecimento de qual é o nível considerado “natural” de um determinado elemento no solo, como saber se ele foi contaminado?

No Brasil, estudos com o objetivo específico de caracterizar os solos com respeito às concentrações dos vários elementos químicos (micronutrientes, tóxicos ou traço) foram pouco desenvolvidos, sendo que a maioria, no princípio, se concentrou no Estado de São Paulo (Valadares, 1975; Valadares & Catani, 1975; Furlani et al., 1977; Valadares & Camargo, 1983). Mais recentemente, alguns grupos brasileiros começaram a buscar valores de referência, sinônimo de background ou baseline, de solos nacionais para vários elementos. A Tabela 1 aponta alguns dos estudos já concluídos. Pérez et al. (1997) analisaram 30 amostras (horizonte A e B diagnóstico) de 15 perfis de solos brasileiros e para vários elementos (Co, Cr, Cu, Mo, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, Sr, Zr, Ba, Rb, U, Th, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). Marques (2000), apesar de desenvolver uma tese de cunho pedogenético, também produziu dados inéditos sobre uma série de elementos traço em solos, no caso, de Minas Gerais. Contudo, foi a CETESB (2001), com base em metodologia holandesa, quem definiu valores de referência de qualidade de solo com base em amostragens específicas. A partir de 13 tipos diferentes e representativos de solos de São Paulo, foram coletadas 84 amostras compostas, representando as profundidades de 0-20 e 80-100 cm, e realizadas análises de Al, Sb, As, Ba, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn. Fadigas et al. (2002), analisando um conjunto de 256 amostras de solos brasileiros, separadas em sete grupamentos com base em similaridade de outras propriedades dos solos, determinaram valores de referência para Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn. A



Mineropar realizou extenso trabalho, no entanto, só avaliou o horizonte B. Além disso, de conhecimento dos autores, existem projetos de determinação de valores de referência em andamento, em Minas Gerais, Rio Grande do Norte e Pernambuco.

**Tabela 1.** Trabalhos de determinação de elementos químicos em solos brasileiros.

Autor	Nº Amostras	Região	Digestão	Elementos
Pérez et al. (1997)	30	15 Estados	Água regia	31
Marques (2000)	96	GO, DF, MG	WD-XRF	19
CETESB (2001)	84	SP	HNO <sub>3</sub> (EPA)	18
Ferreira et al. (2001)	± 52	PE, SP, BA	Variado	Cu
Ferreira et al. (2001)	± 250	PE, SP, BA	Variado	Zn
Fadigas (2002)	195	Brasil	Água regia	Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd Pb
Campos et al. (2003)	19	11 Estados	HNO <sub>3</sub> (EPA)	Cd, Cu, Ni, Pb, Zn
Mineropar (2005)	307	PR	XRF (?)	Vários

A base de dados nacional, como se viu, é pequena e concentrada, para certos elementos. Além disso, as metodologias de coleta, preparo e extração de solos são, normalmente, diferentes e não correlacionáveis. No entanto, há formas de planejar o trabalho de coleta de amostras de forma a se obter funções matemáticas que, por meio de correlação com outras propriedades do solo (“Pedotransfer”), permitam prever os dados em regiões não amostradas. Fadigas et al. (2002), por exemplo, propuseram um modelo para obtenção dos teores “naturais” de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em solos a partir dos teores de silte, argila, Mn, Fe e CTC. Assim mesmo, a especialização dos dados, que já entraria no campo do mapeamento digital (McBratney et al., 2003), seria muito importante, fato que, usualmente, não é observado na maioria dos trabalhos citados. Isso seria de grande valia para facilitar a validação dos “pedotransfers” e reorientar novas amostragens.

Com respeito aos métodos analíticos, extrações e análises consideradas “Totais” produzem poucas informações úteis, já que os efeitos ecotoxicológicos de um elemento químico, assim como o seu comportamento ambiental (transporte, reatividade, mobilidade, etc.), dependem totalmente da sua forma química, de sua especiação (Allen, 1993; Tack & Verloo, 1995; Hani, 1996; Quevauviller, 1998; Kot & Namiesnik, 2000; Abreu et al. 2001). Métodos considerados “Pseudo-Totais” permitem determinar a influência antropogênica e, por isso, podem ser usados no monitoramento ambiental (Alloway, 1995; Walter & Cuevas, 1999; Scancar et al., 2000). Contudo, se não for eleita uma só metodologia analítica, voltar-se-á a questão da consolidação do banco de dados, já que a maioria das metodologias não possui capacidade de extração similar (Mattiazo et al., 2001). Neste contexto, vale à pena consultar a página da agência ambiental européia (Europa, 2008) para analisar um exemplo recente da evolução internacional de discussões pertinentes à unificação de políticas de proteção do solo e da água, o que passa pela normatização dos protocolos de coleta e análise. No caso brasileiro, o CONAMA (2008) está prestes a colocar para consulta pública uma resolução que versa sobre áreas contaminadas em que são minimamente definidos os critérios de amostragem, porém, claramente definidos os métodos de extração e determinação de dezenas de elementos químicos considerados tóxicos ou potencialmente tóxicos, no solo e em águas subterrâneas. Além disso, a ABNT disponibilizou, recentemente, os requisitos exigíveis para a execução de sondagem de reconhecimento de solos e rochas para fins de qualidade ambiental - ABNT NBR 15492 - e mantém um grupo especial de “Avaliação da Qualidade do Solo e Água para Levantamento de Passivo Ambiental e Análise de Risco à Saúde Humana” - ABNT/CEE-00:001.68 (ABNT, 2008)

Com respeito aos poluentes orgânicos, há o pré-entendimento que, naturalmente, eles não são de ocorrência na natureza, sendo, por isso, considerados xenobióticos. Desta forma, seria, em tese, desnecessário falar na sua determinação para fins de valores de referência. Entretanto, existem vários trabalhos que indicam, no mínimo, a possibilidade de ocorrência natural de uma série de hidrocarbonetos, dos quais se destacam o estireno, fenol e pentaclorofenol (Baars et al., 2001), o reteno e tetrahidrocriseno (Bouloubassi and Saliot, 2003). Budzinski et al. (1997) identificaram a distribuição de uma série de HPAs, em sedimentos do rio Amazonas, derivados de triterpenos de origem vegetal. Gomes e Azevedo (2003) também comentam sobre a existência e determinação de HPAs biogênicos em Campos (RJ). Krauss et al. (2005) indicam a ocorrência de naftaleno, fenantreno e perileno em plantas, termiteiros e solos, do entorno de Manaus (AM), em concentrações elevadas e que dão suporte a hipótese de origem biológica desses HPAs. Por fim, Melo Jr. (2008), em projeto na Bacia Potiguar (RN), tem encontrado em amostras de solo, em condições naturais, os seguintes compostos: benzeno (monoaromático), naftaleno (HPA) e



benzo(a)pireno (HPA) além de outros menos perigosos. Vale ressaltar que nem todas as substâncias, anteriormente citadas, fazem parte de listas de controle ambiental. No entanto, em função da evolução dos estudos de toxicologia humana e, notadamente, ecotoxicologia, tais considerações, principalmente em condições tropicais, carentes de maiores estudos a respeito do assunto, deverão ser consideradas.

## **Remediação**

Segundo a CETESB (2008), a remediação consiste na implementação de medidas que resultem no saneamento da área/material contaminado e/ou na contenção e isolamento dos contaminantes. Desta forma, a remediação de solos contaminados pode ser feita por vários processos agrupados basicamente em duas grandes classes: os processos convencionais e os não convencionais (EPA, 2001). Os processos convencionais ou tradicionais de tratamento de solo contaminado envolvem tecnologias já estabelecidas e bastante conhecidas, como por exemplo, a incineração e a disposição do solo contaminado em aterros ou em “containers” (Higarashi, 1999). No entanto, a necessidade de restaurar locais contaminados evitando riscos adicionais ao ambiente, que os métodos convencionais traziam, despertou nas duas últimas décadas, um maior desenvolvimento de tecnologias para remediação, buscando melhorar as relações custo-eficiência e risco-benefício, como por exemplo, a biorremediação e os processos oxidativos (Nadim, et al., 1999; Freire et al, 2000; Rivas, 2006).

Os tratamentos tecnológicos podem ser classificados de muitos modos diferentes. Em termos de locais onde os tratamentos são feitos, podem ser classificados em: tratamentos in situ ou ex situ.

- Tratamento in situ – a principal vantagem deste tipo de tratamento é que permite o tratamento do solo sem que este seja escavado e transportado; no entanto, este tipo de tratamento geralmente requer longos períodos de tempo, e a uniformidade do tratamento é certamente menor devido a uma variabilidade de características do solo.
- Tratamento ex situ – são tratamentos que geralmente requerem a escavação do solo. Este processo pode aumentar significativamente o custo do tratamento, mas por outro lado diminuem, em muito, o tempo necessário para o processo de tratamento, quando comparado a um processo semelhante se feito o tratamento in situ. Entretanto, um ponto muito importante que deve ser considerado no momento de avaliar a melhor técnica de remediação é a avaliação do risco de aumento da contaminação pela escavação do solo contaminado.

Segundo o mecanismo de tratamento, podem ser classificados como biológicos, químicos e processos térmicos.

- Tratamento biológico – Por causa dos perigosos poluentes orgânicos serem na maior parte das vezes tóxicos aos microrganismos, a biorremediação (destruição ou transformação dos poluentes pela ação de microrganismos, como fungos e bactérias, ou pela ação de plantas, neste último caso mais conhecida como fitorremediação) apresenta uma maior limitação em termos de concentração dos poluentes orgânicos. Outros parâmetros que podem colocar em risco a eficiência do tratamento por biorremediação devem ser avaliados na hora da escolha da melhor opção de remediação, tais como: estrutura química – presença de anéis aromáticos, substituintes das moléculas alvo (halogênios e grupo nitro), pH do meio e presença de compostos inibitórios.
- Tratamento térmico – Neste processo, uma fonte de calor é fornecida ao solo contaminado com o objetivo de aumentar a volatilização e conseqüentemente promover a separação dos contaminantes, sua destruição ou imobilização pela queima dos mesmos. Este tipo de tratamento, quando realizado in situ, requer um curto período de tempo para a limpeza do local contaminado, no entanto sua desvantagem se dá pelo alto custo freqüentemente associado à quantidade de energia e equipamentos requeridos. São exemplos de tratamentos térmicos in situ: extração do solo a vapor (Tang, 2004). O tratamento térmico ex situ pode alcançar uma boa eficiência quando seus impactos são devidamente controlados. A prática de tratamento térmico ex situ mais usada é a incineração (Ghiselli, 2001; Tang, 2004).
- Tratamento químico – São processos que buscam converter quimicamente um contaminante perigoso em um composto inerte ou menos prejudicial ao meio ambiente. Os tratamentos químicos também são conhecidos como processos de oxidação química, que utilizam agentes oxidantes para realizarem a remediação do local contaminado. Como agentes oxidantes mais empregados, destacam-se: ozônio, peróxido de hidrogênio, hipocloritos, permanganato de potássio, dióxido de cloro e cloro (Tang, 2004).



A natureza dos poluentes, sua concentração e o tipo de meio contaminado são os fatores mais importantes que irão determinar a seleção da tecnologia apropriada para o tratamento específico do tipo de resíduo. A Tabela 2 apresenta uma revisão simplificada sobre as tecnologias de remediação de solos.

**Tabela 2.** Principais tecnologias de remediação de solos.

<b>Tecnologia</b>	<b>Descrição</b>	<b>Contaminantes</b>
Extração de gás de solo (SVE)	Remove fisicamente compostos orgânicos voláteis da zona insaturada através aplicação de um sistema de vácuo.	CHCs, BTEX
Bioaeração ou Bioventing	Acelera a remoção de compostos orgânicos voláteis através da aeração na zona vadosa. Estimula a biorremediação in situ.	CHCs, BTEX
Air sparging (AIS)	Remove, fisicamente, compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis através de processo de aeração do solo na zona saturada. Estimula a biorremediação in situ.	CHCs, BTEX, PHAs, MBTE
Bio Sparging	Acelera a biodegradação por estimular a microfauna nativa através de processos físicos de aeração do solo nas zonas saturadas.	CHCs, BTEX, PHAs, MBTE
Tecnologias Térmicas	Processos térmicos in situ que destroem contaminantes ou possibilitam a aceleração de transferência da fase do contaminante no subsolo.	CHCs, BTEX
Biorremediação Acelerada	Altera, artificialmente, as condições naturais dos solos ou águas subterrâneas para acelerar a degradação por microorganismos.	CHCs, BTEX
Sistema de Recuperação de Fase Livre por "Skimming"	Promove a recuperação da fase pura do LNAPL através da aplicação de vácuo. Estimula a biorremediação in situ. Não há extração de águas subterrâneas.	BTEX, fase livre de petróleo.
Incineração	Materiais escavados são incinerados para a extração orgânicos voláteis e semi-voláteis.	PAHs, PCBs, Pesticidas
Fitorremediação	Plantas apropriadas são utilizadas para promover a extração e biodegradação de compostos orgânicos e metais no solo.	BTEX, CHCs, PAHs, Pesticidas e Metais Pesados
Lavagem de solo, Reinjeção e Processos Químicos	A lavagem de solo através de fluidos apropriados promove a estripagem e a biodegradação. Compostos químicos (surfactantes) podem ser usados para acelerar a transferência de fase dos contaminantes.	CHCs, BTEX
Solidificação / Encapsulamento / Vitrificação	São processos que promovem a imobilização de resíduo através de processos químicos e ou térmicos.	CHCs, Metais Pesados e Radionuclídeos

Fonte: (Nadin et al, 1999; Tang, 2004; FTRT, 2008)

### Considerações Finais

Reconhecida a necessidade de estabelecer valores de referência para os metais traço, sejam eles micronutrientes ou potencialmente tóxicos, é fundamental uniformizar as metodologias de coleta, preparo de amostra e análise de solo, que devem ser estabelecidos com base em um grupo de trabalho nacional. Todavia, devido à extensa área a ser coberta, torna-se evidente que deve ser realizado um trabalho a nível regional, porém, com vistas a compor um banco de dados nacional especializado. Existem alguns esforços estaduais para buscar os valores de referência regionais, porém, a maioria deles esbarra na falta de verbas. Com isso, é imprescindível sensibilizar as autoridades competentes para que os órgãos de fomento de Ciência & Tecnologia estaduais e federais possam criar linhas de pesquisa específicas para subsidiar esse trabalho. Estes dados serão de suma importância para a avaliação prévia do impacto ambiental de áreas contaminadas.

No que concerne às Sociedades Científicas, é necessário o seu maior engajamento na discussão e formulação de Políticas Públicas referentes a assuntos afetos a sua área de atuação. Nesse sentido, urge que a Sociedade Brasileira de Ciência de Solos se faça representar ou, pelo menos, se posicione oficialmente



frente às novas Regulamentações e Resoluções nacionais na área de qualidade de solos sob pena de ver todo um esforço nacional de pesquisa desqualificado e sobrepassado por interesses e tendências políticas desprovidas da base científica necessária.

### **Referências Bibliográficas**

ABNT. Disponível em: [http://www.abnt.org.br/imagens/imprensa/Editais\\_e\\_afins\\_Boletim/Bol\\_072007\\_Encarte\\_Boletim\\_Normalizacao.pdf](http://www.abnt.org.br/imagens/imprensa/Editais_e_afins_Boletim/Bol_072007_Encarte_Boletim_Normalizacao.pdf). Acesso em 10 de junho de 2008.

BAARS, A.J.; THEELEN, R.M.C. JANSSEN, P.J.C.M.; HESSE, J.M.; APELDOORN, M.E. van; MEIJERINK, M.C.M.; VERDAM, L.; ZEILMAKER, M.J. Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. Bilthoven: RIVM. 297p. 2001.

BOULOUBASSI, J. and SALIOT, A. Dissolved, particulate and sedimentary naturally derived polycyclic aromatic hydrocarbons in a coastal environment: geochemical significance. *Marine Chemistry*, 42(2): 127-143. 1993.

BUDZINSKI, H.; GARRIGUES, P.; BERNARD, G.; BELLOCQ, J.; HINRICHS, K.; and RULLKÖTTER, J. Identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the amazon fan: occurrence and diagenetic evolution. In: FLOOD, R.D.; PIPER, D.J.W.; KLAUS, A.; and PETERSON, L.C. (Eds.). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, Vol. 155*, pp.555-564. 1997

CAMPOS, M.L.; PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.; CURI, N. Baseline concentration of heavy metals in Brazilian Latosolos. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 34(3/4): 547-557. 2003

CETESB. 2001. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas. São Paulo: Cetesb. CD-ROM.

FADIGAS, F. de S. Estimativa das concentrações naturais (pseudo-total) de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em solos brasileiros e proposição de valores de referencia utilizando técnicas da estatística multivariada. Rio de Janeiro: UFRRJ-Instituto de Agronomia, 2002. 116 p.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. de., ed. Micronutrientes e elementos toxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq / FAPESP / POTAFOS, 2001. 600p.

GOMES, A. de O. and AZEVEDO, D. de A. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in tropical recent sediments of Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.*, 14(3): 358-368. 2003.

KRAUSS, M.; WILCKE, W.; MARTIUS, C.; BANDEIRA, A.G.; GARCIA, M.V.B.; AMELUNG, W. Atmospheric versus biological sources of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in a tropical rain forest environment. *Environmental Pollution*, 135: 143-154. 2005.

MARQUES, J.J.G. de S. M. Trace element distributions in brazilian cerrado soils at the landscape and micrometer scales. Ph.D. Thesis. Purdue University. 172p. 2000.

MELO Jr, G.. Comunicação pessoal em 16 de junho de 2008.

MINEROPAR. Levantamento geoquímico multielementar do Estado do Paraná: geoquímica de solo Horizonte B: relatório final de projeto. Curitiba, 2005. 2 v. Otavio Augusto Licht (Coord.).



PEREZ, D.V.; SALDANHA, M.F. da C.; MENEGUELLI, N. do A; MOREIRA, J.C.; VAITSMAN, D.S. Geoquímica de alguns solos brasileiros. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 14p. (EMBRAPA-CNPS. Pesquisa em Andamento, 4).

CETESB. Disponível em: < [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/etapas.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/etapas.asp)>. Acesso em 10 de junho de 2008.

CONAMA. Minuta de resolução conama, que dispõe sobre o estabelecimento de critérios e valores orientadores referentes à presença de substâncias químicas, para a proteção da qualidade do solo e sobre diretrizes e procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/port/conama/ctgt/gt.cfm?cod\\_gt=134](http://www.mma.gov.br/port/conama/ctgt/gt.cfm?cod_gt=134)>. Acesso em 27 de junho de 2008.

EUROPA. Disponível em <<http://ec.europa.eu/environment>>. Acesso em 27 de junho de 2008.

FREIRE, R.S.; PELEGRINI, R.; KUBOTA, L.T.; DURÁN, N.; ZAMORA, P.P. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. Química Nova. 23(4): 504-510, 2000.

GHISELLI, G. Remediação de solos contaminados com pesticidas organoclorados utilizando reagente de Fenton. 2001. 120 p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

HIGARASHI, M.M. Processos oxidativos avançados aplicados a remediação de solos brasileiros contaminados com pesticidas. 1999. 97p Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

KONG, S. WATTS, R.J.; CHOI, J. Treatment of petroleum-contaminated soils using iron mineral catalyzed hydrogen peroxide. Chemosphere, 37(8): 1473-1482, 1998.

NADIM, F.; HOAG, G.E.; LIU, S; CARLEY, R.J.; ZACK, P. Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: a review. Journal of Petroleum Science & Engineering, 26: 169-178, 1999.

FTRT. Remediation technologies screening matrix and reference guide, version 4.0 . Disponível em: <[http://www.frtr.gov/matrix2/top\\_page.html](http://www.frtr.gov/matrix2/top_page.html)>. Acesso em 09 de junho de 2008.

TANG, W. Z. Physicochemical Treatment of Hazardous Wastes. Nova York, CRC Pres LLC, 2004. E-book.  
RIVAS, F.J. Polycyclic aromatic hydrocarbons sorbed on soils: A short review of chemical oxidation based treatments. Journal of Hazardous Materials, 138: 234-251, 2006.

VALADARES, J.M.A.S. Cobre em solos do Estado de São Paulo. 1: cobre total. Bragantia, Campinas, v.34, n.4, p.125-132. 1975.

VALADARES, J.M.A.S. & CATANI, R.A. Zinco em solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, v.34, n.5, p.133-139. 1975.

VALADARES, J.M.A.S. & CAMARGO, O.A. de. Manganês em solos do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Ciência de Solo, Campinas, v.7, n.2, p.123-130. 1983.

FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C. e VALADARES, J.M.A.S. Cobalto em solos do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.65-67. 1977.

### **Agradecimentos**

Ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade aos autores e ao CNPq e FAPERJ pelo apoio financeiro às pesquisas realizadas pelos autores.





## Geotecnologias e modelos aplicados ao manejo e conservação do solo e da água

Isabella Clerici De Maria<sup>(1)</sup>

(1) Pesquisadora Científica, Instituto Agronômico, Av. Barão de Itapura, n. 1481, Campinas, SP, CEP 13020-902, [icdmaria@iac.sp.gov.br](mailto:icdmaria@iac.sp.gov.br)

**RESUMO:** A conservação do solo reúne ações e práticas que visam à manutenção e melhoria da qualidade do solo. O controle da erosão acelerada é um dos pontos centrais da conservação do solo, uma vez que a erosão hídrica é uma das principais causas da degradação dos solos nas regiões tropicais. O avanço do conhecimento e da pesquisa em erosão do solo e o desenvolvimento tecnológico para o controle da erosão foram importantes componentes da sustentabilidade agrícola e continuam fundamentais para a agricultura e o ambiente diante das exigências sociais e econômicas atuais. Os modelos de predição de erosão, que descrevem o processo erosivo por meio de fatores e processos, são importante ferramenta para definição de ações de manejo e conservação do solo. Dos primeiros modelos, estatísticos e com poucos parâmetros, aos atuais, com base em relações físicas, que contemplam muitos processos e grande quantidade de dados, os modelos se tornaram mais complexos e se associaram a sistemas de informação geográfica. A escolha do modelo a ser utilizado em estudos ou para aplicação em programas de conservação do solo depende sobretudo da base de dados disponível. Valiosos têm sido os esforços de modelar a erosão na paisagem, tendo como unidade uma bacia hidrográfica, utilizando para isso as geotecnologias disponíveis, para subsidiar programas e projetos para conservação do solo e da água. A falta de parâmetros ajustados às condições locais e de dados de entrada nos modelos e a utilização indiscriminada dos modelos desconsiderando limites estabelecidos na concepção e desenvolvimento desses modelos são as principais limitações para a predição de erosão.

**Palavras-chave:** erosão, SIG, terraceamento.

### INTRODUÇÃO

A conservação do solo reúne ações e práticas que visam à manutenção e melhoria da qualidade do solo. O controle da erosão acelerada é um dos pontos centrais da conservação do solo, uma vez que a erosão hídrica é uma das principais causas da degradação dos solos nas regiões tropicais. Do ponto de vista edafológico e ambiental, a erosão é um processo que promove o arraste de partículas minerais, de matéria orgânica e de nutrientes vegetais, reduzindo a produtividade agrícola, produzindo poluição e assoreamento de cursos de água.

O avanço do conhecimento e da pesquisa em erosão do solo e o desenvolvimento tecnológico para o controle da erosão foram importantes componentes na busca da sustentabilidade agrícola e continuam fundamentais para a agricultura e para o ambiente, diante das exigências sociais e econômicas atuais.

A evolução desse campo do conhecimento, a ciência da erosão e da conservação do solo, neste momento, se dá com auxílio das geotecnias, da computação, da modelagem matemática, tanto na pesquisa como na tecnologia de controle de erosão.

### ESTADO DA ARTE

Analisar a evolução do conhecimento e dos estudos da erosão nos últimos 100 anos auxilia a compreensão do atual estado da arte da utilização de geotecnologias e de modelos de predição da erosão aplicados ao manejo e à conservação do solo. Tentativamente, será feito um relato separando em etapas, que naturalmente se sobrepõem no tempo e ocorrem simultaneamente, que descreve como os modelos se tornaram mais complexos e se associaram às geotecnologias.

#### **Primeira etapa: segurar a terra e a água - experiências**

Datam de 1893 os primeiros registros de trabalhos com técnicas para controle da erosão em áreas agrícolas. Dessa época até os anos 40 foram estudados e recomendados curvas de nível, enleiramento permanente, canais escoadouros, terraços-patamar, cordões de árvores, terraços de base estreita, cordões em



contorno. O objetivo dos técnicos e pesquisadores era apresentar aos agricultores opções para conter a erosão. O dimensionamento dessas práticas conservacionistas era feito com base em experiências pessoais e tabelas prática considerando tipo de solo e declividade.

Representam essa etapa terraços com camalhões enormes (murunduns) até a década de 80 e, mais recentemente, bacias de contenção (utilizadas programa de microbacias do Estado de São Paulo em áreas onduladas) e o *mulching* vertical. Diante de sério problema, apresentam-se soluções práticas, com base nas experiências e pesquisas anteriores, sem necessidade de extensiva experimentação ou desenvolvimento teórico.

### **Segunda etapa: acumular conhecimento para uso no controle da erosão – experimentação**

A partir dos anos 40, iniciam-se os estudos quantitativos sobre o processo erosivo no Instituto Agrônomo (IAC), determinando perdas por erosão sob os mais diferentes usos e manejos em função de tipos de solos e clima. Esses estudos foram ampliados por outras instituições para todas as regiões brasileiras e geraram dados e conhecimentos sobre a magnitude da erosão, sobre o potencial controle das perdas pelos diferentes sistemas de manejo, sobre importância da cobertura no controle da erosão, sobre a redução da produtividade, a degradação do solo e os prejuízos financeiros causados pela erosão. Grande parte desses estudos foi conduzida em parcelas, sob chuva natural ou simulada, medindo-se perdas de terra, de água e de elementos arrastados ou dissolvidos. O foco desses trabalhos foi o solo, os prejuízos para a produção e para o produtor rural.

Nessa etapa, o planejamento de medidas necessárias para evitar a erosão e suas conseqüências é visto como dependente da determinação da extensão da erosão e da avaliação dos fatores que atuam no processo erosivo. Os resultados e conhecimentos gerados pelos estudos realizados foram aplicados no desenvolvimento de tecnologia para a produção agrícola sustentável, como tabelas para dimensionamento das práticas de controle de erosão que foram ampliadas e revistas passando a considerarem como fatores importantes o uso e o manejo do solo, por exemplo. A evolução dos sistemas de manejo conservacionistas teve apoio na quantificação e informações obtidas sobre a manutenção da cobertura na superfície do solo e da estabilidade da estrutura. O enfoque da conservação do solo passa a ser o manejo.

Os dados obtidos permitem também o desenvolvimento dos matemáticos para predição ou simulação da erosão, com o intuito de quantificar a erosão dos solos e o efeito da utilização da terra e das práticas de manejo das culturas e áreas florestais. Os modelos representam os processos envolvidos nas diversas fases da erosão, por meio de parâmetros e equações matemáticas.

Nessa fase, o modelo de erosão mais conhecido e mais utilizado é a USLE, um modelo estatístico, mirando a erosão na escala de parcelas. Em função desse modelo estudos para determinação de parâmetros são desenvolvidos e mais conhecimento é gerado. Do ponto de vista da conservação do solo parece que os problemas já estão bem resolvidos: com o manejo e, especialmente com o sistema plantio direto, a erosão pode ser controlada.

### **Terceira etapa: evolução do conhecimento - modelos físicos**

O conhecimento e experiências acumuladas mostraram que os impactos da erosão do solo estão relacionados aos prejuízos ao ambiente e à perda de produtividade das culturas, o que significa que o controle do processo erosivo é importante para garantir tanto a segurança alimentar e como a proteção ambiental. Por isso mesmo, a extensão dos danos provocados pela erosão envolve não apenas a perspectiva dos produtores rurais, mas de toda a sociedade.

A dinâmica dos processos erosivos varia com a escala, em função, principalmente, da concentração de volume e da velocidade do escoamento superficial. Os modelos devem levar em consideração essa dinâmica na paisagem e as diferenças entre processos (sulcos, entressulcos) para determinar a erosão, como faz o modelo WEPP, representando os modelos físicos. Os estudos, mais uma vez, voltam-se para a determinação de efeitos e parâmetros, na obtenção de dados e equações calibradas para aplicação desses modelos na conservação dos solos. Geram-se informações mais detalhadas para explicar e controlar o processo erosivo. Modelos para descrever outros processos erosivos como ravinas e voçorocas também são desenvolvidos. Com esses modelos, a quantidade de informações, dados e calibrações aumenta substancialmente.

A evolução do conhecimento e do controle da erosão no nível de parcela indica que o controle de perda de terra está praticamente resolvido. Mas aos problemas que continuam ocorrendo no campo associa-se a poluição difusa. O foco volta-se para a água e para os modelos hidrológicos.



#### **Quarta fase: modelos e geotecnologias associados para planejamento e controle da erosão**

Do ponto de vista da conservação do solo e da água, a unidade de terreno para planejamento de ações deve ser uma bacia hidrográfica, ou microbacia, como tem sido mais comumente referida, porque é nessa unidade que todos os processos erosivos, associados aos processos hidrológicos, estão representados. A avaliação da erosão nessas condições, portanto, também tem grande importância na evolução do conhecimento e da tecnologia de controle da erosão, especialmente no planejamento de bacias e microbacias hidrográficas em programas de conservação e uso da água, conservação de solos e proteção ambiental. No planejamento, a identificação de áreas agrícolas suscetíveis aos processos erosivos e os efeitos das atividades desenvolvidas podem servir como base para ações concretas visando melhorar qualidade das águas superficiais. Com essa visão, trabalhos que avaliam potenciais áreas de degradação e poluição, empregando-se modelos de erosão associados às técnicas de SIG são realizados. Também nesses casos são necessários mais estudos para calibrar os modelos e os parâmetros, determinando-se valores de vazão, carga de sedimentos e elementos arrastados em condições reais.

A equação universal de perdas de solo é o modelo de predição de erosão mais largamente utilizado. Embora tenha sido desenvolvida para utilização no planejamento de glebas, no Brasil, não tem sido utilizada como instrumento para recomendações de manejo aos proprietários rurais. Mais comum, tem sido sua utilização em avaliações de potencial de risco ou susceptibilidade a erosão, associada aos SIGs, embora esse modelo não seja apropriado para avaliação espacial da erosão.

Os modelos totalmente integrados com os SIGs são a tendência natural na evolução da predição da erosão, mas o desenvolvimento de ferramentas para a associação de modelos aos SIG tem sido bastante valioso, especialmente para utilização da base de dados gerados até o momento.

Como exemplo da associação da conservação do solo com geotécnicas, o exemplo do terraceamento agrícola mostra atualmente tabelas de espaçamento e equações para dimensionamento em programas que permitem a utilização de informações climáticas georreferenciadas e a geração de resultados já aplicados em sistemas de informações geográficas.

#### **CONSIDERAÇÕES E TENDÊNCIAS**

Ações diretas e contínuas são necessárias para desenvolver e adaptar modelos, quantificar fatores que atuam no processo erosivo, quantificar fatores e parâmetros de degradação dos recursos naturais e construir ferramentas geotécnicas para espacializar a erosão na paisagem, visando à adaptação de práticas de controle de erosão e de manejo dos solos, utilizando o planejamento de bacias hidrográficas como ferramenta para solucionar problemas e propor as medidas para a conservação do solo e preservação dos recursos naturais.

Dos primeiros modelos, estatísticos e com poucos parâmetros, aos atuais, com base em relações físicas, que contemplam muitos processos e grande quantidade de dados, os modelos se tornaram mais complexos e se associaram a sistemas de informação geográfica. A escolha do modelo a ser utilizado em estudos ou para aplicação em programas de conservação do solo depende sobretudo da base de dados disponível.

Valiosos têm sido os esforços de modelar a erosão na paisagem, tendo como unidade uma bacia hidrográfica, utilizando para isso as geotecnologias disponíveis, para subsidiar programas e projetos para conservação do solo e da água.

Há relativamente poucos estudos sobre erosão no Brasil. Faltam parâmetros ajustados às condições locais e dados para entrada nos modelos. Mesmo os modelos considerados físicos, apresentam equações com parâmetros empíricos que precisam ser determinados ou avaliados para as condições locais, especialmente para modelos desenvolvidos em outros países, com solos, climas e paisagens diferentes. Essa é a principal limitação no uso de modelos, e mesmo para o desenvolvimento de novas propostas de modelos para determinado local ou região. Mesmo para a EUPS e todos os modelos que utilizam seus parâmetros, faltam dados, as informações estão dispersas, muitas vezes não publicadas. E, por isso, os resultados obtidos com esses modelos têm um caráter qualitativo, mais do que quantitativo. Pode-se comparar em um mesmo estudo regiões com maior ou menor risco de erosão, maior ou menor produção de sedimentos, maior ou menor volume de escoamento superficial, mas não valores de perdas de terra ou volume de sedimentos que chegam a cursos de água.

A utilização indiscriminada dos modelos, desconsiderando limites estabelecidos na concepção e no desenvolvimento desses modelos, também precisa ser revista. É preciso conhecer o modelo, entender suas



equações básicas, o significado dos dados de entrada e dos dados de saída. Não é possível ter informações mais exatas do que a exatidão dos dados de entrada. Não é possível obter melhor a estimativa da perda de solo com modelos físicos ou com modelos com mais equações se não há informações básicas suficientes sobre o clima e o solo locais. Em estimativas de erosão em microbacias, utilizando modelos associados à SIGs, as informações sobre solos representam uma grande limitação: é necessário um mapa de solos na escala adequada e os dados analíticos que os modelos precisam para cada uma das unidades de solos mapeadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, N.L.N. Bacias de contenção preservam solo e água em regiões onduladas. In: Simpósio sobre conservação do solo e da água – Rumos e Perspectivas da conservação do solo e da água para o Estado de São Paulo. Anais. Campinas, CATI, CDA, APTA, 2008. p. 128-131.
- BARRETTO, A.G.O.P. História e Geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo. Piracicaba, ESALQ, 2007. Dissertação (Mestrado). 120p.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. Terraceamento em sistema de preparo conservacionista de solo: um novo conceito. Lages, Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1996. 41p. (Boletim técnico n.º 1).
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Distância entre terraços usando o comprimento crítico da rampa em dois preparos conservacionistas do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 24: 417-425, 2000.
- DECHEN, S.C.F.; DE-MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R.; LORENA NETO, B. Conservação do Solo no Estado de São Paulo: 60 anos de pesquisas no Instituto Agrônomo. In: WORLD CONGRESS ON CONSERVATION AGRICULTURE, 2., 2003, Foz do Iguaçu. II World Congress on Conservation Agriculture - Producing in harmony with Nature. Foz do Iguaçu : Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha (FEBRAPDP) e CAAPAS, 2003. v. 1. p. 1-1.
- DENARDIN, J. E. ; KOCHHANN, R A . *Mulching* vertical em sistema plantio direto. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003 (Folder Técnico).
- GRIEBELER, N.P., PRUSKI, F.F.; TEIXEIRA, A.F.; DA SILVA, D.D. Modelo para o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível. **Eng. Agríc.**, 25:696-704, 2005. - desenvolveu-se um modelo para o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível, utilizando modelos digitais de elevação do terreno gerados em sistemas de informações geográficas (SIG).
- GRIEBELER, N.P.; CARVALHO, D.F.; MATOS, A.T. Estimativa do custo de implantação de sistema de terraceamento, utilizando-se SIG. Estudo de caso: Bacia do Rio Caxangá, PR.. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 4: 299-303, 2000.
- GRIEBELER, N.P.; PRUSKI, F.F.; TEIXEIRA, A.F.; SILVA, D.D. Modelo para o dimensionamento e a locação de sistemas de terraceamento em nível. Engenharia Agrícola, 25 (3): 696-704, 2005.
- LIER, Q.J.van ; SPAROVEK, G.; FLANAGAN, D.C.; BLOEM, E.M.; SCHNUG, E. Runoff mapping using WEPP erosion model and GIS tools. Computers & Geosciences, 31: 1270-1276, 2005.
- LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P.A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I.F. & OLIVEIRA, J.B. de. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, Campinas, 1988. Anais. Fundação Cargill, 1989. p.99 124.
- MACHADO, R.E., VETORAZZI, C.A.; XAVIER, A.C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em uma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27 (4): 727-733, 2003.
- MARQUES, J.Q. de A. Espaçamento de cordões em contorno em cafezal. Campinas, Instituto Agrônomo, 1951. 1p.
- MARTINS FILHO, M.V.; ANDRADE, H.; DIAS JÚNIOR, M.S.; PEREIRA, V.P. Modelagem do processo de erosão entressulcos para latossolos de Jaboticabal – SP. Eng. Agríc: 23 (1): 9-20, 2003.
- PRADO, T.B.G.; MORAES, J.F.L.; ADAMI, S.F. Evolução Do Uso Das Terras e Produção de Sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim. Acta Scientiarum, 1 (1): 1-10, 2006.
- RANIERI, S.B.L.; LIER, Q.J.van; SPAROVEK, G.; FLANAGAN, D.C. A computer program for georeferenced application of erosion prediction models (USLE and WEPP). Computers & Geosciences, 28 (5): 661-668, 2002.
- SPAROVEK, G.; LIER, Q.J.van; RANIERI, S.B.L.; DE MARIA, I.C.; FLANAGAN, D. Application of a database interface (EDI) for erosion prediction in Brazil. Revista Brasileira de Agrocomputação, 1 (1): 5-12, 2001.
- SILVA, F.G.B.; MINOTI, R.T.; ANGELOTTI-NETO, A. REIS, J.A.T.; CRESTANA, S. Determinação da perda de solo em uma sub-bacia hidrográfica rural da região de São Carlos – SP, a partir de modelo hidrosedimentológico. In: Simpósio de recursos hídricos do Nordeste, 7. ABRH, São Luis, 2004. Anais. 2004.
- TAVARES, A.C F.; MORAES, J.F.L.; ADAMI, S.F.; LOMBARDI NETO, F.; VALERIANO, M.M. Expectativa de degradação dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas com auxílio de sistemas de informação geográfica. Acta Scientiarum, 25 (2): 417-424, 2003.
- VALERIANO, M.M. Mapeamento do comprimento de rampa em microbacias com sistemas de informação geográfica. Acta Scientiarum, 24 (5): 1541-1551, 2002.

## Manejo e conservação de solos no contexto dos serviços ambientais

Eduardo de Sá Mendonça<sup>(1)</sup> & Raphael Bragança Alves Fernandes<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Bolsista do CNPq, Professor Associado do Departamento de Solos (DPS), Campus Universitário, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, CEP 36570-000, e-mail: [esm@ufv.br](mailto:esm@ufv.br) (palestrante);

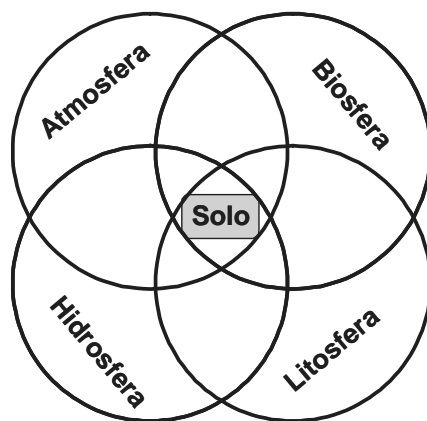
<sup>(2)</sup> Professor Adjunto, DPS/UFV, e-mail: [raphael@ufv.br](mailto:raphael@ufv.br)

**RESUMO:** A sociedade tem cobrado do setor agrícola maior responsabilidade com a qualidade ambiental. Leis têm sido criadas, obrigando os agricultores a se adequarem à uma nova ordem ambiental, muitas vezes linear para todo o território nacional, sem considerar a continentalidade e a grande diversidade ambiental de nosso país. Diante deste contexto, ganha força a discussão dos Serviços Ambientais prestados pelo setor agrícola, o qual merece ser encarado mais do que como apenas produtor de alimentos, fibras, carnes e bioenergia. Nessa discussão merece maior aprofundamento pontos como a definição dos bens ambientais; de sua efetividade a curto, médio e longo prazo; de como mensurá-los; de como as práticas de manejo do solo influenciam tais bens; de como as peculiaridades dos biomas brasileiros afetam a produção desses bens; e como otimizá-los nas diversas realidades. Bens ambientais como produção de água em qualidade e quantidade, biodiversidade de fauna e flora, garantia de polinizadores, seqüestro/armazenamento de carbono e redução na produção de sedimentos podem ser decorrentes da adequação e otimização das práticas de manejo e conservação de solos. Cabe a nós, cientistas da Ciência do Solo, participar desta discussão, dada a relevância ambiental deste recurso natural que manejamos e pelo fato de ser ele componente integrador entre biosfera, litosfera, hidrosfera e atmosfera.

**Palavras-chave:** princípio protetor recebedor, compensação por serviços ambientais, bens ambientais.

### Introdução

A Terra é composta pela atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera. O solo é produto da interação das esferas ao longo do tempo (Fig. 1). Dessa forma, o solo é um importante componente terrestre, apresentando grande diversidade de organismos e compostos orgânicos e inorgânicos, servindo como filtro e armazenador de água e de carbono e nitrogênio, sendo fundamental para a manutenção da biosfera terrestre.



**Figura 1.** O solo (pedosfera) como componente integrador entre as quatro esferas fundamentais de nosso planeta: biosfera, litosfera, hidrosfera e atmosfera.



Para discutirmos o tema ‘manejo e conservação de solos no contexto dos serviços ambientais, alguns pontos merecem nossa consideração inicial:

- Qual o conceito de serviços ambientais?
- Quais os componentes terrestres que devem ser considerados como bens imprescindíveis a serem preservados?
- Como mensurar e valorar esses bens?
- Como utilizar e legislar utilizando o Princípio Protetor Receptor e suas variantes?
- Como as diversas formas de agricultura que a humanidade pratica influenciam esses bens?

Para respondermos essas questões, é importante que tenhamos clareza que o Brasil é um país continental, com grande diversidade ambiental e cultural, composto principalmente pelos biomas Amazônico, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Fig. 2, Tab. 1). Dessa forma, a questão de serviços ambientais no contexto do manejo e conservação de solos deve ser compreendida também considerando como a agricultura brasileira afeta as diferentes esferas terrestres no contexto desses biomas.



**Figura 2.** Os principais biomas brasileiros com sua extensão territorial significativa e grande diversidade ambiental (Fonte: IBGE, 2008a).

**Tabela 1.** Características dos principais biomas brasileiros

<b>Biomias Continentais Brasileiros</b>	<b>Área Aproximada (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Participação na área total do território brasileiro</b>
Amazônia	4.196.943	49,29 %
Cerrado	2.036.448	23,92 %
Mata Atlântica	1.110.182	13,04 %
Caatinga	844.453	9,92 %
Pampa	176.496	2,07 %
Pantanal	150.355	1,76 %
Área total – Brasil	8.514.877	100,00 %

Fonte: IBGE (2008a)



### **Serviços ambientais e o Princípio Protetor-Recebedor**

O conceito de serviços ambientais começou a aparecer a partir do momento que a sociedade se deu conta de que alguns bens imprescindíveis para a vida humana começavam a faltar ou corriam sério risco de faltar com o tempo, afetando sua qualidade de vida, podendo chegar ao extremo de comprometer sua existência. Dados de pesquisas diversas indicaram que bens como água doce e qualidade do ar corriam sérios riscos de alcançar um nível de disponibilidade e qualidade incompatível com a demanda da sociedade. No Brasil, esses bens ambientais foram alvo de inúmeras discussões a partir do início da década de 80 do século passado, sendo bandeira de luta inserida nas pautas de reivindicações de muitos movimentos ecológicos e sociais, os quais exigiam que as atividades humanas e, em especial, os empreendimentos econômicos, precisavam ser regulamentados e normatizados, com o objetivo de preservação da qualidade ambiental. O desenvolvimento científico e os estudos mais aprofundados nos diversos compartimentos ambientais nas diversas áreas da ciência permitiram que a legislação, em nível federal, estadual e municipal, aprofundasse a implementação de normas e regras comportamentais e de procedimentos técnicos que garantissem o uso dos recursos naturais de forma mais sustentável. A chegada do novo milênio veio associando uma demanda social crescente pela preocupação ambiental e também uma consolidação da capacidade das instituições nacionais de desenvolver e agregar metodologias que nos permitissem mensurar e valorar, numa margem de confiança aceitável, alguns bens ambientais demandados pela sociedade.

Apesar de muitos segmentos da sociedade entenderem que, dada a complexidade ambiental e nossa dependência dos recursos naturais para uma boa qualidade de vida, as pessoas deveriam ter atitudes mais sustentáveis, isto não se traduz em práticas cotidianas responsáveis para com o meio ambiente. Durante séculos fomos beneficiários de um meio ambiente sadio, mas nosso modo de vida mais recente não estimula e não desperta para a ação ambiental concreta. Esse modo de vida, dito moderno, tem priorizado, sobretudo, o desenvolvimento econômico e a rentabilidade unicamente monetária, o lucro e o retorno rápido dos investimentos. Somado a isto temos uma dificuldade financeira e falta de informação de grande parcela da população, que associados pressionam ainda mais os recursos naturais. Sob essa realidade nada mais normal que aparecessem mecanismos legais de punição aos infratores, buscando disciplinar o uso dos recursos naturais, protegendo o meio ambiente, bem maior de toda a coletividade. Daí o estabelecimento dos marcos legais dentro do Princípio do Poluidor-Pagador. Falta, entretanto, em toda essa discussão a valorização daqueles que, com suas ações, protegem o meio ambiente em benefício da coletividade. Essa é a nova lógica proposta, a da compensação por serviços ambientais prestados, que deve ser encarada, inclusive, como questão de justiça econômica e ambiental, compensando quem age a favor da natureza. Contudo esse tipo de instrumentos ainda encontra barreiras para ser implementado e aperfeiçoado, principalmente decorrente da carência de políticas públicas que incentivem tais práticas, a falta de um mecanismo estável e duradouro de financiamento e de uma base legal que reconheça o valor econômico dos serviços ambientais.

As regras de caráter ambiental, via de regra, são sanções negativas, isto é, de natureza punitiva, que pune o indivíduo que se utiliza dos recursos naturais de forma errônea e contrária a legislação (Princípio do Poluidor-Pagador). No entanto, estes atos repressivos e corretivos se mostram insuficientes para minimizar os riscos e impactos ambientais de diferentes empreendimentos. Dessa forma, faz-se necessário uma inversão da esfera punitiva para a esfera compensatória, pelo estabelecimento do Princípio do Protetor-Recebedor. Com este princípio, objetiva-se uma sanção positiva da sociedade e do Estado, permitindo a compensação por serviços ambientais prestados, constituindo-se assim, em uma forma de estímulo para os atores sociais que têm sensibilidade ecológica e contribuem para a preservação/conservação do meio ambiente.

Essa nova ótica de análise da questão ambiental encontra ressonância também em alguns trabalhos que indicam uma deturpação do tradicional Princípio do Poluidor-Pagador, já que alguns empreendedores, em especial, aqueles de maior poder aquisitivo, se valem da legislação, encarando-a de uma forma distorcida e executando suas atividades poluidoras dentre de uma perspectiva de um novo “ordenamento jurídico” próprio, qual seja, o do Princípio do Pagador-Poluidor. Sob essa ótica, por terem condições de arcar com multas, licenças, sanções diversas, por saberem da possibilidade de futuros acordos do tipo Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) e, por poderem oferecer compensações ambientais em outras áreas, alguns empreendimentos executam suas atividades, mesmo que danosas ao meio ambiente, pois poderão pagar futuramente por isto.



A discussão mais recente dos serviços ambientais, por outro lado, é preventiva e positiva. A compensação financeira por estes serviços constitui norma incentivadora de práticas como, dentre outras:

- a) preservação de bens ambientais diversos;
- b) ações com efeito local, regional ou mesmo global (como é o caso do seqüestro e armazenamento de carbono nas “fazendas de carbono”);
- c) criação e manutenção de áreas verdes privadas, como é o caso das Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN's);
- d) proteção à biodiversidade (fauna e flora) nas suas mais diferentes formas;
- e) proteção de bacias hidrográficas;
- f) produção de água, dentro do contexto de ver o agricultor como “produtor de água”, dada a relevância da área rural como fonte dos recursos hídricos, já que no meio urbano predomina a impermeabilização dos terrenos e drenagem que rapidamente eliminada a água aí precipitada;
- h) proporcionamento de beleza cênica.

Todas essas iniciativas ainda são, contudo, pouco difundidas e de conhecimento de uma parcela muito pequena da sociedade, uma vez que, para a sua efetivação são necessárias políticas públicas efetivas e a criação de leis que disciplinem a forma de pagamento por esses serviços e a origem dos recursos a serem alocados com essa finalidade.

Uma variação do Princípio Protetor-Recebedor é o do Não-Poluidor-Recebedor (Ribeiro, 2007), pelo qual aquele que deixar de poluir deve receber um incentivo ou prêmio por tal atitude, diferenciando-se daqueles agentes sociais que impactem negativamente o meio ambiente. Sob essa nova lógica já aparecem algumas iniciativas no país, como é o caso do ICMS Ecológico do Estado de Minas Gerais, pelo qual um dos critérios de distribuição de recursos aos municípios mineiros é o cuidado com o meio ambiente. Na legislação que trata do assunto, a Lei Estadual 13.803, de 27/12/2000, art.1º, VIII, os municípios que tratem seus esgotos sanitários, dispõem de tratamento adequado para o lixo urbano, bem como têm em sua área unidades de conservação federal, estadual, municipal ou mesmo particular, recebem compensação financeira por tais iniciativas (Minas Gerais, 2000).

Toda essa discussão acerca dos serviços ambientais encontra ressonância nos órgãos decisórios nacionais, sendo motivo de estudos e muito possivelmente de normatização em breve. Segundo Negret (2007), por iniciativa do Ministério do Meio Ambiente, um Grupo de Trabalho trabalha na proposta de uma Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, em cujo artigo 1º encontra-se a seguinte apresentação: "Esta lei dispõe sobre a política nacional de serviços ambientais em que se estabelece os mecanismos de pagamento, cria o Programa Nacional de Serviços Ambientais e o Fundo de Incentivo à Conservação para o Desenvolvimento Sustentável".

A atual sensibilidade política e social reinante para com o tema ambiental cria um clima favorável à adoção de instrumentos econômicos utilizando o Princípio Protetor-Recebedor. Entretanto, tal predisposição política favorável não é condição suficiente para que isto seja implementado, caso não se crie e consolide uma base de informações técnicas e científicas consistentes e capazes de dar confiabilidade a tudo isto que sabemos que os serviços ambientais proporcionam. A criação e manutenção de cadastros atualizados e confiáveis em que constem áreas protegidas, Unidades de Conservação, áreas verdes, e atividades agrícolas ou de uso alternativo do solo que mereçam ser remuneradas é uma condição prévia fundamental. Esses cadastros são o ponto de partida para a quantificação e distribuição dos benefícios econômicos decorrentes dessas atividades. Nesses estudos também são fundamentais uma infra-estrutura de produção e disseminação de informações, demandando um maior conhecimento da qualidade ambiental envolvida, das fontes que a poluem e dos efeitos dessa poluição, para que se possa medir os custos econômicos associados, indicar as alternativas de controle e seus custos, bem como a relação custo-benefício das atividades.

Os serviços ambientais podem ser compensados não apenas com recursos em dinheiro, mas também por meios alternativos, tais como obras públicas de interesse das comunidades, equipamentos específicos de apoio à produção de grupos de agricultores, facilidades na aquisição de máquinas e implementos, programas permanentes de assistência técnica, acesso mais facilitado e privilegiado ao crédito e isenção ou redução de tarifas diversas.





A questão de elencar os bens ambientais, bem como sua mensuração e valoração ainda é motivo de debate no meio científico, político, ambiental e econômico. Estamos longe do consenso, cabendo à comunidade científica contribuir com o debate, realizando pesquisas básicas e aplicadas para subsidiar a tomada de decisões e o desenvolvimento/aperfeiçoamento de políticas públicas.

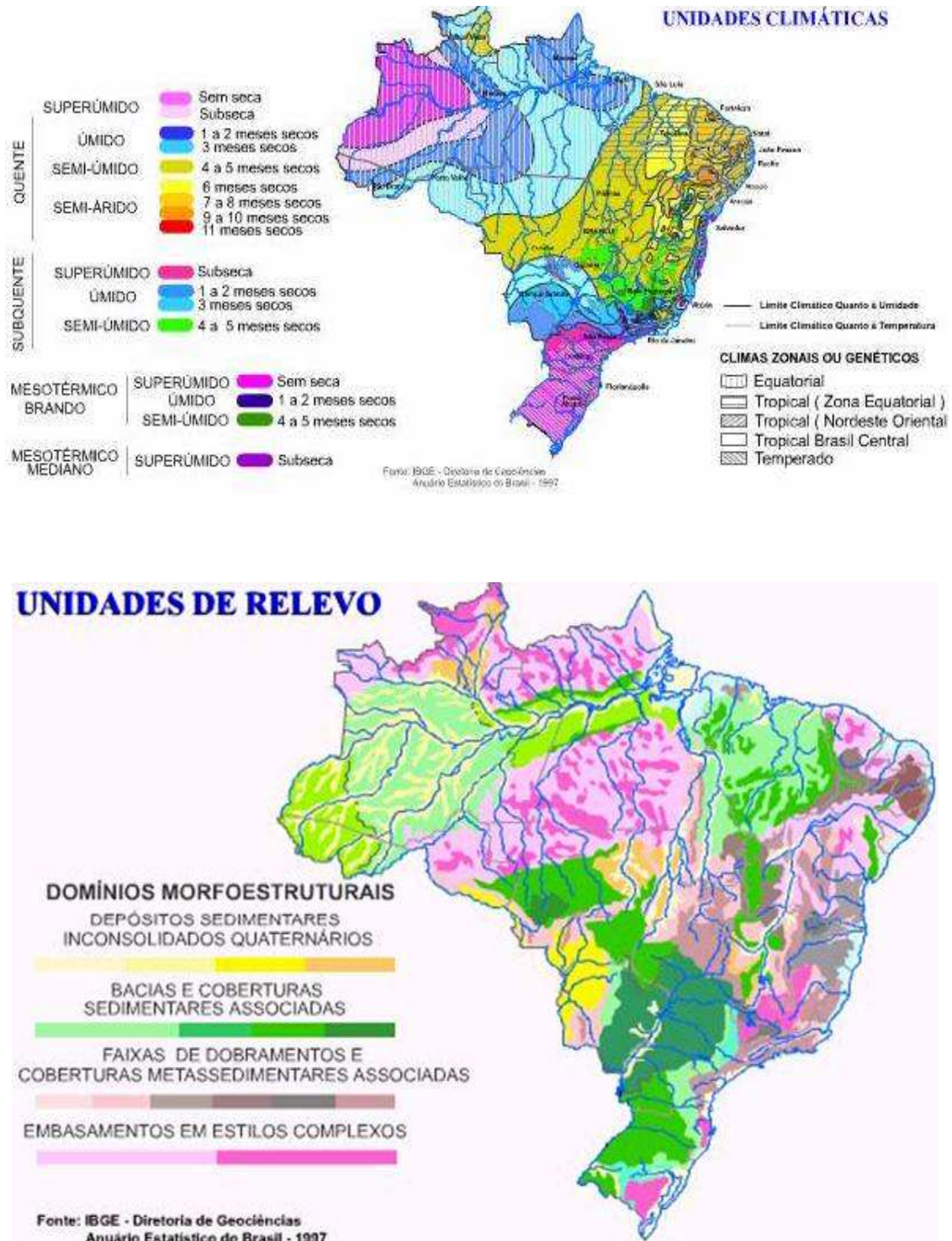
### **A transformação dos biomas brasileiros pela agricultura**

Em virtude de sua grande extensão territorial, 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, e das variações geomorfológicas e climáticas, o Brasil apresenta grande variedade de cobertura vegetal de fauna e solos, o que torna o país de maior diversidade ambiental do Planeta (Fig. 3 e 4).

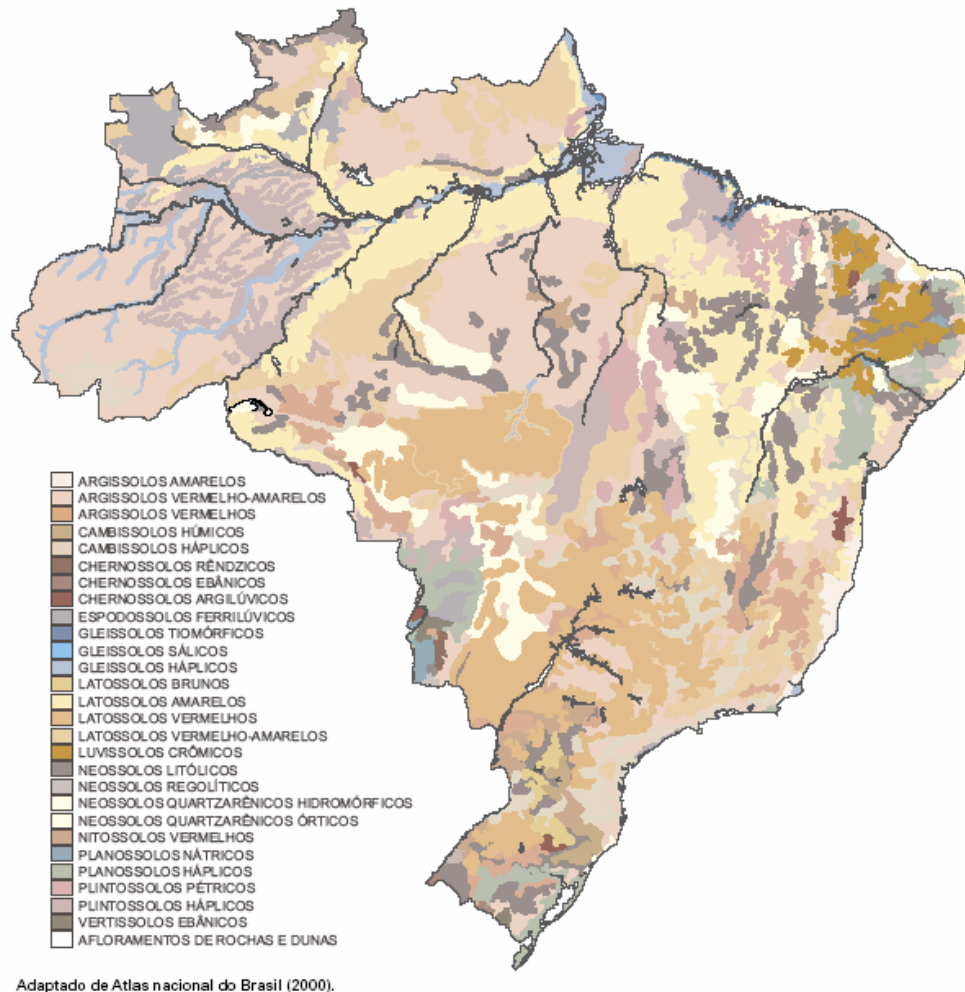
O desenvolvimento da agricultura brasileira desde a época do descobrimento, com a modernização da agricultura, não tem respeitado essa diversidade ambiental, utilizando práticas de manejo globais em todos os biomas para resolver problemas locais. Esse processo está ligado ao “controle” das práticas agrícolas pela indústria e pelo mercado, acarretando a simplificação do processo produtivo da escolha da cultura a ser plantada até a tecnologia utilizada. Isto tem proporcionado o surgimento e a consolidação das agroindústrias e do agronegócio, favorecendo tecnologicamente as culturas voltadas para a exportação, o que encontra respaldo da necessidade do desenvolvimento econômico, embora a questão ambiental nem sempre seja considerada. Grande parte das ações no campo brasileiro tem se caracterizado por intervenções voltadas a solucionar problemas conjunturais, numa visão de curto prazo, focada na demanda de mercado (muitas vezes não o mercado interno) e na rentabilidade imediata, com práticas e medidas nem sempre consistentes entre si e, seguramente, inconsistentes com um horizonte temporal mais longo. Alguns exemplos das consequências sociais desse tipo de processo já são registrados no mundo. Atualmente, cerca de 33 países estão à beira da instabilidade social (Altieri, 2007), devido à falta e ao preço dos alimentos, resultado direto do atual modelo industrial de agricultura dependente do petróleo.

Em geral, nas áreas de avanço sobre a Amazônia, a agricultura brasileira promove o desflorestamento, seguido do cultivo do arroz, soja/milho, e pecuária. Essa sistemática é mais expressiva em algumas regiões, havendo modificação na seqüência e no tipo de cultura, de forma geral a pastagem é instalada quando o solo não possui capacidade de suportar o cultivo de culturas mais exigentes ambientalmente. Embora tenhamos toda uma bagagem de conhecimentos acerca destes tipos de procedimentos e de alternativas para um melhor uso do solo, apesar de termos uma enorme quantidade de terras já utilizadas, sendo muitas já abandonadas, vemos quase impotentes, como o “desenvolvimento” avançar sobre parte importante de nosso patrimônio natural.

Com relação aos nossos solos, vemos que os Latossolos, seguidos dos Argissolos, dominam o território brasileiro (Fig. 4). Essa aparente predominância de “apenas” duas classes de solos faz com que grande parte das práticas de fertilização e manejo das culturas seja as mesmas do Oiapoque ao Chuí. Encaram-se as realidades locais e regionais como semelhantes, adotando-se modelos prontos e de aplicação geral. As consequências ambientais desse procedimento são preocupantes, ocorrendo sérios problemas quanto à erosão, redução dos recursos hídricos e sua contaminação com nutrientes e agrotóxicos, redução da capacidade produtiva dos ecossistemas agrícolas, redução da biodiversidade, e aumento da necessidade de fertilização dos solos e uso de agrotóxicos.



**Figura 3.** Unidades climáticas e de relevo do Brasil: diversidade natural que proporciona diversidade de conhecimentos e diversidade de atitudes para um melhor uso das terras (Fonte: Anuário Estatístico do Brasil, IBGE, 2008b).



Adaptado de Atlas nacional do Brasil (2000).

**Figura 4.** Principais solos brasileiros: conhecendo suas características e condições locais, o seu uso e manejo são facilitados, permitindo mais respeito ao meio ambiente, bem maior da sociedade (IBGE, 2008c).

A comunidade científica tem procurado responder às demandas e preocupações sociais com a produção de conhecimento para melhorar o manejo e uso dos solos. Contudo, as ações práticas são tímidas frente à grande necessidade de se frear o processo de degradação dos recursos ambientais. Nesse contexto, ganha força medidas como a expansão da adoção do sistema plantio direto, que são bem vindas, se respeitadas as características ambientais e implementadas ações concretas quanto à utilização diversificada de culturas, à cobertura constante dos solos, à redução/eliminação do uso de herbicidas, e à otimização do uso de fertilizantes. Outras práticas agrícolas vêm apresentando grande potencial para atender às demandas sociais e ambientais atuais, como é o caso dos sistemas agroecológicos agroflorestais e orgânicos. Nesses sistemas, busca-se o respeito e a preservação da biodiversidade local e regional, constituindo-se de muitas possibilidades de forma a atender ao oferecimento de Serviços Ambientais pela atividade agrícola.

### Serviços ambientais e o manejo dos solos

O uso inadequado dos solos pode causar sua impermeabilização, erosão, queda de produtividade agrícola, aumento da necessidade de insumos externos e degradação de recursos hídricos afetando quantidade e qualidade das águas, aumento da emissão de gases de efeito estufa, incremento de gastos com investimentos públicos em obras de infra-estrutura e a deterioração de áreas urbanas. Por isso, é imprescindível incentivar a implementação de políticas que visem à otimização do recurso natural solo na agricultura. O debate sobre como a agricultura pode produzir Serviços Ambientais a sociedade é de



fundamental importância para a otimização da ação social esperada da agricultura em atender a demanda na produção de alimentos e energia.

A agricultura merece ser encarada não somente como fornecedora de alimentos, fibras, carnes e bioenergia, mas também como responsável pela produção e, ou, manutenção de bens ambientais de interesse de toda a sociedade. Um agricultor que faz práticas de manejo e conservação do solo e da água, protege suas nascentes, protege e mantém as áreas de preservação permanente (APP's) e de reserva legal, adota boas práticas na sua produção agrícola merece algo mais que o reconhecimento pelo trabalho que todos deveriam fazer mas que não fazem. Principalmente, essa realidade se torna mais injusta quando analisamos os custos envolvidos em algumas dessas práticas. Tomemos por exemplo, aqueles agricultores que investem em plantios em curva de nível, que cercam e mantém suas APP's. Os recursos a serem desembolsados pelo produtor rural são consideráveis, mas somente ele é quem os desembolsa, entretanto, os benefícios ambientais são de toda a sociedade. Se todos desejam os bens ambientais, porque não a sociedade arcar com esses custos. É fácil o discurso de criticar um agricultor que não cerca suas nascentes, como determina a legislação ambiental, mas já paramos para pensar qual é o custo do metro linear de cerca, considerando arames, mourões e mão de obra para sua execução. Todos desejamos e exigimos que não falte água nas torneiras de nossas casa, porque não recompensar aqueles que, com suas práticas produzam este bem precioso, a partir da conservação dos mananciais e do adequado uso e manejo do solo? O mesmo raciocínio vale para outros serviços ambientais prestados pelo setor rural brasileiro.

Alguns bens ambientais como a produção de água doce com qualidade e quantidade, a manutenção da biodiversidade, o favorecimento aos polinizadores, o seqüestro/armazenamento de carbono e a redução na produção de sedimentos podem ser incrementados diretamente pela otimização e adequação das práticas de manejo e conservação de solos. Independente do bem ambiental a ser gerado, torna-se relevante consideramos a constante busca por práticas de manejo do solo que envolvam:

- a) sistema de plantio direto associado à rotação de culturas, sem ou com uso mínimo de herbicida;
- b) sistemas agroflorestais, principalmente os sistemas múltiplos com árvores nativas;
- c) sistemas agrosilvopastoris, utilizando, além de árvores, leguminosas consorciadas com gramíneas;
- d) sistemas orgânicos agroecológicos, com redução no uso de insumos externos na propriedade e utilizando cultivo múltiplo de culturas de hábitos diferentes.

Obviamente que, sempre que possível e necessário, devam ser adotadas medidas mecânicas como plantio em curva de nível e construção de terraços, bem como a necessária cobertura permanente do solo e preocupação com seus teores de matéria orgânica. O respeito à aptidão agrícola das terras e o planejamento das atividades rurais também não devem ser esquecidos para o melhor uso e manejo do solo.

Outra questão relevante em toda essa discussão seria como se pode mensurar o efeito da atividade agrícola sobre um determinado bem ambiental. Como exemplo, tomemos o caso da perda de solo que assola as terras agrícolas em diversas partes do mundo. A questão de produção de sedimentos pela atividade agrícola está diretamente associada com a erosão e produção de água. É esperado que sistemas com menores taxas de erosão produzam menor quantidade de sedimentos e acarretem, indiretamente, aumento da taxa de infiltração de água e, por conseguinte, da quantidade de água armazenada no perfil do solo. O ponto central é como medir esse efeito de forma objetiva e precisa para que a sociedade tenha confiança que esse bem está sendo proporcionado. Aí entra a experiência acumulada da ciência do solo na avaliação de diferentes práticas de manejo, como facilmente verificada na literatura científica. O que nos falta é traduzir todo essa bagagem acumulada. Temos *know-how* de trabalhar com microbacias hidrográficas, e não somente uma área específica dentro da propriedade; da seleção dos principais drenos para avaliação; de como avaliar a qualidade (presença de sólidos totais, fixos, voláteis e sedimentáveis; nutrientes como N, P, Ca e Mg; DBO, DQO e oxigênio dissolvido, agrotóxicos; pH, condutividade elétrica, turbidez, microorganismos patogênicos, etc.) e quantidade de água (vertedouros e outros mecanismos diversos, acoplados ou não a sistemas automáticos para o registro da variação temporal da vazão); da avaliação do número e densidade de nascentes na microbacia. Diretamente relacionado ao recurso natural solo, dominamos as avaliação de escoamento lateral e produção de sedimentos; da avaliação da qualidade física do solo, em especial em seus aspectos relacionados à porosidade, permeabilidade, resistência à penetração e agregação do solo; dos métodos de avaliação da cobertura do solo; sem contarmos as avaliações da química e da biologia do solo que favorecem ao estabelecimento das vegetações e dos organismos do solo.



Com dados como os anteriores apresentados, podemos propor índices que traduzam os ganhos ambientais de práticas agrícolas, dentro do próprio conceito de qualidade do solo já exaustivamente avaliado em muitas publicações, ou mesmo considerando aspectos específicos da qualidade ambiental. Exemplo disto é o Índice de Valoração de Mananciais (Guimarães, 2007), que integra os componentes produção de água, controle de erosão e manutenção da qualidade de água, conferindo pontuação relativa à qualidade ambiental da área avaliada em relação a uma área natural. O referido índice permite estipular um valor a ser concedido a título de prêmio em cada componente, que será parcelado e sujeito à monitoramento periódico para fins de verificação da continuidade dos bens produzidos.

Considerando os recursos hídricos, mas com plena conexão com o recurso natural solo, destaca-se também o Programa do “Produtor de Água”, conduzido pela Agência Nacional de Águas (ANA), e que objetiva a conservação de mananciais estratégicos, por meio do pagamento de uma compensação financeira aos produtores rurais, decorrentes dos benefícios proporcionados pelos critérios do abatimento da erosão e sedimentação (ANA, 2004).

Outro exemplo da recompensa por serviços ambientais é o mercado de carbono, iniciado por volta de 1996 na Inglaterra, e que já pode ser considerado um dos mais desenvolvidos e promissores na atualidade. Os preços podem variar de US\$ 1,00 a US\$ 40,00 por tonelada de *CO<sub>2</sub> equivalente* (crédito de carbono), dependendo do projeto. *CO<sub>2</sub> equivalente* é a forma utilizada (referência) para fins de cálculo das emissões de gases, estando relacionado com a diferente reatividade dos compostos quanto à retenção dos raios infravermelho e o aumento do efeito estufa. Entretanto, a recompensa para esses casos não é sempre a mesma, dependendo da natureza do empreendimento. Por exemplo, quando uma empresa ou proprietário promove o reflorestamento em um local degradado por suas próprias atividades, pode-se obter créditos de carbono, entretanto, eles serão menos valorizados do que àqueles provenientes da instalação de um equipamento de alta tecnologia para reduzir a emissão de gases poluentes.

Nessa discussão acerca dos efeitos das atividades humanas sobre o clima global, também aparece os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Para que sejam considerados elegíveis no âmbito do MDL, os projetos devem observar alguns critérios fundamentais, entre os quais o da adicionalidade, pelo qual uma atividade deve, comprovadamente, resultar na redução de emissões e, ou, remoção de *CO<sub>2</sub>*, adicional ao que ocorreria em sua ausência. Além disso, a iniciativa deve ser capaz de trazer benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados à mitigação da mudança climática.

O Brasil ocupa o terceiro lugar em número de projetos de MDL, com 285 projetos em alguma das diversas fases de tramitação. A líder mundial de iniciativas é a China, com 1.133 projetos, seguida da Índia, com 934 projetos. Dos 3.297 projetos em andamento, 1.039 já cumpriram todas as etapas, sendo registrados pelo Conselho Executivo do MDL, vinculado à Organização das Nações Unidas (ONU). No item redução de emissões projetadas, o Brasil aparece também em terceiro lugar, com a redução de 284 milhões de toneladas de *CO<sub>2</sub>*, ou cerca de 7% do total mundial, para um horizonte entre sete e dez anos. A China é líder nesse quesito, com 2,0 bilhões de toneladas de *CO<sub>2</sub>*, seguida da Índia, com cerca 1,0 bilhão. O maior número de projetos brasileiros é desenvolvido na área de energia renovável (49% do total), seguido pela suinocultura (16%) e troca de combustível fóssil (14%) (MCT, 2008).

Decorrente da dificuldade de se mensurar adequadamente o carbono, da forma como expressar os resultados obtidos e de como garantir o tempo de preservação desse carbono, ainda está aberto o debate acerca do mercado de estoque de carbono no solo. A dificuldade de mensuração reside no fato de que os métodos de determinação de carbono orgânico utilizados pela maioria dos laboratórios não é o de referência. As dificuldades quanto à forma de expressão dos resultados refere-se a falta de consenso acerca da utilização ou não da densidade natural do solo sob manejo ou do solo sob vegetação de referência. Já a dificuldade na garantia ou certificação quanto ao tempo de preservação desse carbono deriva do fato do estoque no solo ser dinâmico e muito influenciado por práticas de manejo, tais como aração, gradagem, quantidade de aporte de matéria orgânica e a própria fertilização do solo. Independente dessas dificuldades, que merecem nossa atenção em busca de algo mais consensual, nós cientistas do solo precisamos desenvolver e aprimorar formas de se monitorar e expressar essas medições de carbono no solo, para refletir com maior acurácia possível o impacto das mudanças de manejo do solo sobre o estoque de carbono. Para aqueles agricultores que desenvolvem ou conduzem práticas mais conservadoras desse carbono no sistema solo, esses dados permitem que lhes seja atribuído mais um serviço ambiental à sociedade.

Nos últimos anos têm avançado de forma significativa no Brasil os trabalhos com modelos de simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio no sistema solo-planta. Com a construção, adaptação e



validação de modelos, pretende-se sanar a dificuldade de mostrarmos o impacto dos sistemas de manejo sobre os estoques de carbono e nitrogênio no solo ao longo do tempo, bem como o de indicar o potencial dos sistemas de manejo em seqüestrar/emitir gases de efeito estufa, principalmente CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O. A modelagem torna-se, portanto, mais uma ferramenta à mão dos cientistas de solo para contribuir com toda essa discussão, aproveitando os dados já gerados em inúmeras publicações, integrando resultados e avaliando cenários futuros.

Quanto aos efeitos sobre a biodiversidade e sobre os polinizadores, os serviços ambientais prioritariamente estão mais relacionados com a preservação e manutenção da flora e fauna. Embora o ambiente solo não seja muito mencionado quanto a esses aspectos, deve-se recordar que o uso e manejo adequado do solo favorecem sua qualidade, que se traduz em um ambiente de melhores condições para o desenvolvimento vegetal e dos diversos seres vivos que nele habitam. Manejos do solo associados à práticas mais agroecológicas ou orgânicos favorecem a biodiversidade e, pela ausência ou limitação do uso de agrotóxicos, são ambientes propícios aos polinizadores, fundamentais para a manutenção de várias espécies vegetais. Com essa visão os sistemas agroflorestais agroecológicos despontam-se como alternativas promissoras para a geração desses bens ambientais, principalmente, em se considerando a possibilidade de sua exploração em áreas de preservação permanente, conforme decisão recente do Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução 369/2006, Art.2º, II, b (CONAMA, 2006). Tal legislação considera que essa iniciativa alia uso sustentável das terras com a preservação ambiental, consolidando harmonia entre exploração econômica e preservação e geração de bens ambientais. Alguma discussão acerca dos sistemas agroflorestais e dos serviços ambientais por ele proporcionados pode ser visualizada em Kitamura (2003).

Iniciativa semelhante é o do Programa de Desenvolvimento Sócio-ambiental de Produção Familiar Rural (Proambiente), do governo Federal. Trata-se de uma proposta ainda tímida, mas adotada em alguns Estados da Amazônia Legal, que promove a compensação dos serviços ambientais preservados, conservados ou recuperados por comunidades de agricultores familiares, extrativistas, pescadores artesanais, quilombolas e demais comunidades tradicionais. São valorizadas como serviços ambientais, a redução do desmatamento, a eliminação de agroquímicos, a redução do uso do fogo na agricultura, a preservação da biodiversidade, etc. (Negret, 2007; Fell & Treméa, 2007).

Contudo, no estudo da biodiversidade, aquela relacionada à vida do solo encontra nos cientistas do solo os maiores especialistas. Por meio de métodos de captura de macro, meso e microfauna, utilizando-se armadilhas do tipo Pitfall e Macro Sonda, ou mesmo coletando blocos de solo de dimensões conhecidas, com posterior quantificação e qualificação dos organismos capturados/coletados, pode-se avaliar a diversidade de vida presente nesse sistema natural, e que guarda boa correlação com a biodiversidade geral verificada sobre o solo. Esses estudos utilizam áreas de referência para efeito de comparação com a área avaliada, promovendo-se a coleta/captura em diferentes períodos/estações do ano. Obviamente que a intensa dinâmica em termos de quantidade e qualidade desses organismos dificulta sua valoração, mas não podemos fugir da proposição de alternativas para solucionar esse entrave. A pesquisa deve procurar estabelecer quais são os fatores ambientais mais impactantes na dinâmica desses organismos em um determinado agroecossistema, de forma a favorecer a medição do impacto de um determinado manejo sobre a biodiversidade no solo. Outro aspecto e desafio interessante é, ainda que todos os organismos presentes apresentem função importante, determinar quais os que apresentam função chave, ou que possam ser considerados imprescindíveis para a manutenção da qualidade do agroecossistema. Uma vez identificados, esses seriam os organismos utilizados na mensuração/valoração para determinar o serviço ambiental associado à biodiversidade do solo.

### **Características ecológicas dos biomas brasileiros e os serviços ambientais**

Um dos fatores importantes para ampliarmos os serviços ambientais gerados pela agricultura é intensificar a promoção e o incentivo do manejo e conservação dos solos nos agroecossistemas, respeitando-se as características dos biomas em que a atividade agrícola ocorre. Apesar dos biomas apresentarem grande diversidade de ambientes e de solos, estes possuem características dominantes que podem ser utilizadas para a identificação do bem avaliado e a valoração do mesmo.

Quando pensamos no clima, vemos que a Amazônia é dominada pelo clima quente, super úmido a úmido; o Cerrado pelo quente, semi-úmido; a Caatinga pelo quente, semi-árido; a Mata Atlântica pelo subquente, úmido; o Pampa pelo mesotérmico brando, superúmido; e o Pantanal pelo subquente, úmido. A



combinação solo-relevo-clima faz com que a Amazônia e a Mata Atlântica apresentem naturalmente grande biodiversidade. Devido à dominância da configuração de Mar de Morros em relevo mais acidentado, a Mata Atlântica apresenta grande número de pequenas nascentes, o que faz com que sua preservação seja essencial para a manutenção da dinâmica desse bioma e indica a necessidade primária da preocupação com práticas de conservação do solo e da água.

Já no Pantanal, o ciclo bem definido das águas é o aspecto mais marcante para a preservação da grande diversidade de fauna. No Pampa, o inverno chuvoso e verão quente, clima sub-temperado, junto com solos rasos o tornam único. Na Caatinga e Cerrado, marcados pela precipitação concentrada em alguns meses associada à baixa densidade de cobertura vegetal, faz com que a erosão seja crítica no período chuvoso.

Apesar dos mesmos bens ambientais servirem para todos os biomas, vemos que são marcantes a biodiversidade na Amazônia e Mata Atlântica, a necessidade de preservação de nascentes no bioma Mata Atlântica e o controle da erosão na Caatinga e no Cerrado. Esses podem ser mais valorados nesses biomas, em detrimento de outros bens gerados, visando otimizar a ação dos serviços ambientais.

### **Considerações finais**

O crescimento da demanda por alimentos e biocombustíveis irá pressionar cada vez mais a expansão das atividades agrícolas. O que prevemos é que o ressarcimento dos serviços ambientais prestados por este setor torne-se uma realidade em pouco tempo, o que pode ser a garantia de práticas sustentáveis na agricultura nacional. Tal alternativa é inclusive apontada pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) em seu relatório “O Estado Mundial da Agricultura e Alimentação”, publicado em 2007 (Lourenço, 2008). Essa possibilidade cada vez mais concreta também está presente em sites da web, como o Ecosystem Marketplace ([www.ecosystemmarketplace.com](http://www.ecosystemmarketplace.com)), coordenado pelo The Katoomba Group.

Segundo revisão de Almeida & Presser (2006), o tamanho expressivo do mercado ambiental global (bens e serviços ambientais) é estimado para algo mais que US\$ 600 bilhões em 2010. Trata-se de um mercado de grandes dimensões e de crescimento acelerado. Atualmente o mercado é dominado pelos países desenvolvidos, que são responsáveis por 79% e 60 % das exportações e importações mundiais de bens ambientais, respectivamente. Contudo países como o Brasil, que deverá manter uma taxa de crescimento anual desse mercado de 1 a 12% até 2010, já começam a superar alguns países desenvolvidos.

Neste novo cenário, cabe aos cientistas de solo aprimorar as técnicas de medição e valoração de serviços ambientais relacionados com características de solo como estoque de carbono, dinâmica da água no solo, conservação de solo e biodiversidade. Não devemos esquecer que ainda há grande espaço para melhorarmos as técnicas de manejo, e que sistemas ecologicamente mais promissores, como os sistemas agroflorestais, merecem ser mais estudados no sentido de seu uso ser incrementado nos diferentes biomas brasileiros. Esforços nesse sentido e em outras direções semelhantes têm sido realizados por vários grupos de pesquisa no país.

O desafio está lançado. Propostas para o avanço no conhecimento nesta área não são inéditas. Aproveitemos nosso domínio sobre diferentes aspectos da ciência do solo para rearticularmos nosso discurso, repensarmos nossos objetivos em futuros projetos de pesquisa, reavaliarmos dados já obtidos no passado, para juntos com os demais segmentos da sociedade, propormos nova dimensão para os bens ambientais. Pelo fato de trabalharmos com o sistema solo, somos privilegiados pela possibilidade de estudarmos e conhecermos um recurso natural que interage com vários compartimentos ambientais e que, dentre outras possibilidades, participa do fluxo natural das águas no planeta, serve de substrato para as edificações humanas, permite o desenvolvimento vegetal que alimenta o planeta, abriga parte considerável de uma biodiversidade ainda pouco conhecida pela maioria das pessoas e que ainda acumula carbono contribuindo ao equilíbrio global. Utilizemos nossos conhecimentos e nossa experiência para contribuir na discussão dos serviços ambientais. Façamos valer nossa competência. Os cientistas do solo muito podem contribuir com a sociedade neste momento que o mundo parece ter cada vez mais consciência da importância de valorizar os bens ambientais que garantem nossa existência e qualidade de vida.



## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L.T.; PRESSER, M.F. 2006. Bens e serviços ambientais e as negociações na OMC. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica (REVIBEC). v.5, p.1-11. Disponível em <[http://www.redibec.org/IVO/rev5\\_01.pdf](http://www.redibec.org/IVO/rev5_01.pdf)>. Consultado em maio de 2008.

ALTIERE, 2007. A falência de um modelo: Sistema alimentar na era pós-petroleira. Disponível em <<http://www.ecodebate.com.br/index.php/2008/04/30/a-falencia-de-um-modelo-sistema-alimentar-na-era-pos-petroleira-artigo-de-miguel-a-altieri/>>. Consultado em maio de 2008.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2004. Manual operativo do Programa “Produtor de Água”. In: CHAVES, H. M. et al. Quantificação dos benefícios e compensações do “Programa do Produtor de água” (ANA): I Teoria. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.9, p.5-14.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2006. Resolução CONAMA n. 369/2006. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Consultado em maio de 2008.

FELL, E.T.; TREMÉA, E.M. 2007. O princípio do protetor-recebedor e o Proambiente: Limites e possibilidade da compensação financeira. Disponível em <[http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=2482#](http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=2482#)>. Consultado em maio de 2008.

GUIMARÃES, J. 2007. Projeto Oásis / Fundação Boticário de Proteção Natureza. In: Seminário Mata Atlântica e Serviços Ambientais. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em <[http://www.rbma.org.br/mercadomataatlantica/pdf/sem\\_ma\\_serv\\_amb\\_09.pdf](http://www.rbma.org.br/mercadomataatlantica/pdf/sem_ma_serv_amb_09.pdf)>. Consultado em maio de 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico auxiliar no planejamento do uso sustentável dos solos. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1056&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1056&id_pagina=1)>. Consultado em maio de 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa de biomas. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169&id_pagina=1)>. Consultado em maio de 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa de unidades climáticas (Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartogramas/clima.html>>) e Mapa de unidades de relevo (Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartogramas/relevo.html>>). Consultado em maio de 2008.

KITAMURA, P.C. 2003. Valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais: métodos, problemas e perspectivas. Embrapa Meio Ambiente: Jaguariúna. 4p. Disponível em <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Kitamura\\_valoracaoID-UTXMUZ4w6e.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Kitamura_valoracaoID-UTXMUZ4w6e.pdf)>. Consultado em maio de 2008.

LOURENÇO, L. 2008. Relatório das Nações Unidas defende pagamento por serviços ambientais. Agência Brasil. Disponível em <<http://www.agenciabrasil.gov.br/noticias/2008/04/02/materia.2008-04-02.2724471340/view>>. Consultado em maio de 2008.

MINAS GERAIS – SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA, 2000. Lei Estadual 13.803. Disponível em <[http://www.fazenda.mg.gov.br/governo/assuntos\\_municipais/legislacao/leiestadual13803\\_00.htm](http://www.fazenda.mg.gov.br/governo/assuntos_municipais/legislacao/leiestadual13803_00.htm)>. Consultado em maio de 2008.





## Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. 2008. Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo. 12p. Disponível em <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0024/24390.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0024/24390.pdf)>. Consultado em maio de 2008.

NEGRET, F. 2007. Brasil - Compensação dos serviços ambientais aos agricultores familiares e inclusão social. Disponível em <<http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=28063>>. Consultado em maio de 2008.

RIBEIRO, M.A. 2007. O princípio protetor recebedor para preservar um bem natural. Disponível em <<http://www.ida.org.br/artigos/principioprotetor.html?ordem=1792>>. Consultado em maio de 2008.



## Gestão de Recursos Hídricos na Agricultura: O Programa Produtor de Água

**Devanir Garcia dos Santos<sup>(1)</sup>, Antônio Félix Domingues<sup>(2)</sup> & Cristianny Villela Teixeira Gisler<sup>(3)</sup>**

(1) Gerente-Executivo da Superintendência de Usos Múltiplos da Agência Nacional de Águas (ANA)

(2) Coordenador-Geral das Assessorias da Agência Nacional de Águas

(3) Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas

(1, 2 e 3) Setor Policial Sul, Área 05, Quadra 03, Bloco M, sala 118, Brasília, DF, CEP 70.610-200

[felix@ana.gov.br](mailto:felix@ana.gov.br) (palestrante)

**RESUMO:** O presente trabalho trata da apresentação da metodologia desenvolvida para a quantificação dos benefícios externos e compensações financeiras do Programa “Produtor de Água” da Agência Nacional de Águas, ANA. Este Programa, voltado à conservação de mananciais estratégicos, tem como estratégia a certificação e o pagamento de compensação financeira a produtores rurais participantes, em bacias prioritárias, cujo valor é proporcional ao percentual de abatimento de sedimentação na bacia, e ao custo de implantação da prática ou manejo. A simplicidade e robustez da metodologia proposta, bem como a facilidade da certificação da implementação das práticas e manejos em nível de campo, permitem que o Programa seja aplicado de forma descentralizada, por comitês de bacia, usuários de água ou associações de produtores rurais. O Programa Produtor de Água desenvolvido na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá é apresentado, a título exemplificativo.

**Palavras-chave:** recursos hídricos, programa produtor de água da Agência Nacional de Águas, bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá

### Introdução

A poluição difusa rural, que decorre predominantemente dos processos de erosão e sedimentação, representa uma séria ameaça aos recursos hídricos do país. Esta ameaça é particularmente grave quando o corpo de água é um manancial de abastecimento. Além de causar perdas significativas dentro das propriedades, a erosão apresenta externalidades ambientais e sócio-econômicas significativas, no momento em que o sedimento deixa a propriedade em direção aos cursos de água.

Os impactos econômicos da erosão são elevados quando as taxas de erosão ultrapassam os valores toleráveis. Na maioria dos solos, esta taxa, denominada de tolerância, está entre 9 a 12 toneladas por hectare por ano, sendo menor para solos menos profundos. Considerando-se que, na média, as taxas de erosão no Brasil estão na faixa de 15 a 20 ton/ha/ano, podemos concluir que nosso sistema produtivo ainda não é economicamente sustentável no longo prazo.

A erosão gera perdas de fertilizantes, calcário e adubo orgânico da ordem de R\$ 7,9 bilhões por ano e se acrescentarmos o efeito da erosão na depreciação da terra, de reservatórios e outros custos conservação de estradas, tratamento de água, teriam um total de R\$ 13,3 bilhões de prejuízo por ano, segundo estimativa do GEO Brasil (2002).

Em ambos os casos, não são apenas os produtores rurais ou os usuários de água que pagam a conta, mas toda a sociedade, uma vez que os custos de manutenção e depreciação lhe são repassados por órgãos públicos ou privados.

Um estudo recente, patrocinado pelo Banco Mundial, concluiu que a vida útil média de 3.000 grandes reservatórios no mundo era de apenas 22 anos, menos da metade do projetado. Entretanto, não estão considerados nesse estudo os aspectos de segurança nacional dos recursos de solo e água, dos quais depende a sobrevivência das nações. Se considerados os valores intrínsecos desses recursos, eles certamente seriam muito maiores.

Em função da perda de produtividade dos solos, decorrente da erosão e da degradação, muitos produtores, principalmente de terras marginais, empobrecem a níveis abaixo da subsistência com graves consequências sociais para os países. Desse empobrecimento resultam doenças, baixo nível intelectual e escolar, e custos de manutenção de programas sociais. Muitas dessas pessoas migram para os centros urbanos em busca da sobrevivência acarretando outros impactos e custos para eles e para a sociedade. Apesar de haver poucos estudos sobre os impactos sociais relativos à erosão dos solos, eles podem ser considerados significativos no Brasil, na casa de bilhões de reais por ano.



No tocante à sedimentação, os custos sociais são principalmente relativos à degradação da qualidade das águas de rios e lagos. O primeiro deles é relativo à transmissão de doenças de veiculação hídrica, cujos agentes ou vetores são transportados adsorvidos no sedimento (bactérias, vírus, protozoários, etc). Consumindo águas contaminadas, a população, principalmente a rural e a peri-urbana, adocece. Os custos de seu tratamento representam cerca de metade dos custos de saúde pública em países em desenvolvimento como o Brasil. Devem ser considerados também os custos de perdas de dias trabalhados em função dos períodos de doença e convalescença.

Há outros custos de natureza de sobrevivência. A sedimentação contribui negativamente para a reprodução e o estoque de peixes em rios e lagos. No caso da reprodução, valores de turbidez superiores a 50 NTU dificultam a reprodução de inúmeras espécies de peixes.

Além disso, o assoreamento de rios e lagos contribui para a destruição dos habitats naturais de reprodução de peixes, tais como lagoas marginais e poços, reduzindo as alternativas de fontes protéicas e de renda de populações ribeirinhas.

Os produtores rurais brasileiros, apesar de serem ambientalmente conscientes, têm pequena disposição de investir em manejos e práticas conservacionistas, em função do baixo nível de renda da atividade e da falta de políticas públicas ajustadas que permitam compensar os produtores rurais provedores de externalidades positivas.

A tarefa de conservação de água e solo nas bacias hidrográficas é uma atividade que depende grandemente da participação dos proprietários rurais. Como nem sempre há uma percepção de que os ganhos com esta prática extrapolam as fronteiras das propriedades rurais gerando externalidades positivas (benefícios sociais), ela acaba por não ser realizada; de um lado, porque os pequenos e médios produtores rurais não têm, na maioria das vezes, renda suficiente para suportá-la sozinho e, de outro, porque, pela falta de percepção dos beneficiários, não existe disposição de pagar pelos benefícios pelos quais se apropriam.

Desta forma, mesmo havendo importantes avanços na conservação do solo no país nos últimos 20 anos, não houve, até agora, uma preocupação explícita com os efeitos fora da propriedade (off-site) tais como o controle da poluição difusa rural, sedimentação e dos impactos destes sobre mananciais de abastecimento situados a jusante de áreas agrícolas.

Por outro lado, o modelo provedor-recebedor (baseado em incentivos) é reconhecidamente mais eficiente e eficaz no controle da erosão e da poluição difusa do que o tradicional modelo usuário/pagador.

O Programa Produtor de Água visa aplicar esse modelo, ou seja, incentivar a compensação financeira aos agentes que, comprovadamente, contribuem para a proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e sua população.

### **O Conceito Dos Pagamentos Por Serviços Ambientais**

Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) são transferências financeiras de beneficiários de serviços ambientais para os que, devido a práticas que conservam a natureza, fornecem esses serviços. Os PSA podem promover a conservação através de incentivos financeiros para os fornecedores de serviços ambientais.

Esse sistema ocorre quando aqueles que se beneficiam de algum serviço ambiental gerado por certa área realizam pagamentos para o proprietário ou gestor da área em questão. Ou seja, o beneficiário faz uma contrapartida visando o fluxo contínuo e a melhoria do serviço demandado. Esse modelo complementa o consagrado princípio do “usuário-pagador”, dando foco ao fornecimento do serviço: é o princípio do “provedor-recebedor”, onde os usuários pagam e os conservacionistas recebem.

Trata-se de uma política recente e inovadora que está atraindo muita atenção tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento. A inovação envolve um afastamento das políticas ambientais de comando e controle, utilizando as forças de mercado para obter maiores resultados ambientais e recompensando os provedores de serviços ambientais, os quais não vinham, até então, recebendo qualquer compensação.

Conectar os pagamentos por serviços ambientais com desenvolvimento econômico e redução de pobreza é assunto de importância nos países em desenvolvimento por várias razões. Os PSA podem representar uma nova fonte de apoio financeiro para objetivos políticos de desenvolvimento econômico e ambiental desses países através da utilização de fundos da comunidade global em favor dos Provedores de Serviços Ambientais.



Países em desenvolvimento são potencialmente importantes provedores de serviços ambientais globais, por terem condições de produzi-los a custos competitivos ou por serem eles a única fonte de serviços ambientais, que muitas vezes são de localização específica. A conservação da biodiversidade é um exemplo disso. Os países em desenvolvimento são os únicos ricamente dotados de espécies e ecossistemas não encontrados no mundo desenvolvido. A mitigação do efeito estufa através de projetos de seqüestro de carbono é outro exemplo. Sua produção não é de localização específica, mas países em desenvolvimento, podem ser competitivos fornecedores devido ao baixo custo de oportunidade do trabalho e da terra.

O desenvolvimento desse tipo de programa no nível local é muito importante do ponto de vista econômico, pois, além do impacto dos pagamentos no emprego e na renda, pode haver significativos benefícios ao desenvolvimento econômico associado ao próprio serviço ambiental. Em muitos casos, problemas ambientais criam maiores barreiras ao desenvolvimento econômico. Por exemplo, solos degradados causam redução na produtividade agrícola, prejudicam a qualidade da água causando doenças e problemas de saúde, além de reduzir a disponibilidade de água em muitas partes do mundo. Os PSA podem ser meios efetivos de lidar com estes problemas.

O conceito de externalidade é chave para entender as motivações para os programas de PSA. A humanidade usa os recursos naturais e o meio ambiente gerando externalidades positivas ou negativas, que impactam a sociedade atual e as futuras gerações. A premissa básica para o pagamento por serviços ambientais é compensar os agentes econômicos que manejam o meio ambiente e os recursos naturais gerando bens ambientais e serviços que beneficiam não somente ele mesmo, mas principalmente a sociedade, seja a sociedade local, a sociedade regional ou mesmo a sociedade global.

Estes bens e serviços podem, também, gerar benefícios privados, mas o objetivo principal desses programas é o fornecimento de incentivos para aqueles que geram os benefícios que vão além de seu benefício privado. Então, quando alguém planta árvores de espécies nativas, que podem desempenhar um importante papel na melhoria da infiltração da água no solo, ou na redução do nível de sedimentos carregados para os cursos de água, além de promover seqüestro de carbono, contribuindo para a redução do efeito estufa e criar habitat para a vida selvagem, esse alguém, acima de tudo, é um fornecedor de serviços ambientais e, portanto, passível de compensação pela prestação destes serviços pelos beneficiários dos mesmos.

Contudo, o conceito de pagamento por serviços ambientais é ainda relativamente novo. Apenas recentemente os governos, as agências internacionais, e as pessoas têm começado a reconhecer o importante papel que os agricultores e usuários das áreas rurais podem ter na melhoria do manejo ambiental.

Além do caráter econômico, os sistemas de PSA contribuem na educação (conscientização) ambiental na medida em que insere uma nova relação entre os fornecedores dos serviços e os beneficiários, e entre esses e a natureza.

Se os beneficiários são todos os agentes, privados ou públicos, que são favorecidos pelos serviços ambientais oriundos de práticas que conservam a natureza, então nesta categoria encontram-se órgãos gestores como Comitês de Bacias Hidrográficas.

Já no grupo dos fornecedores de serviços destacam-se áreas onde o uso do solo por parte dos proprietários (como agricultores), em sua maioria, enfraquece a geração dos serviços, mas onde uma mudança nas práticas correntes pode alterar esse quadro e assim fortalecer a oferta desses serviços.

O PSA aparece como uma forma de agregar valor monetário aos serviços gerados, tornando a oferta de serviços ambientais parte da decisão estratégica dos agentes, pois os usuários terão um incentivo direto a tornar suas práticas mais sustentáveis.

### **O Programa Produtor De Água**

É um programa voluntário de controle da poluição difusa rural, dirigido prioritariamente a bacias hidrográficas de importância estratégica para o país.

Pagamentos são feitos pelos agentes participantes aos produtores rurais que, através de práticas e manejos conservacionistas, contribuam para o abatimento efetivo da erosão e da sedimentação e para o aumento da infiltração de água, segundo o conceito provedor-recebedor. Estes agentes podem ser entidades federais, estaduais, prefeituras municipais, organizações não governamentais, comitês e agências de bacias, etc.

Em suma, o Programa reconhece que o setor agrícola tem grande potencial para produção de serviços ambientais e estimula esse procedimento, na certeza de que se trata de uma ação difusa, a qual o Estado



difícilmente teria condições de executar de forma holística e, mesmo que isso fosse possível, os custos seriam muito maiores em função desse mesmo caráter difuso.

Tem como foco a redução da erosão, melhoria da qualidade da água e aumento das vazões dos rios, utilizando-se práticas edáficas, mecânicas e vegetativas de conservação de solo e água, readequação das estradas vicinais e construção de fossas sépticas nas propriedades rurais. Entre as ações elegíveis pode-se citar a construção de terraços e barraginhas, a proteção de nascentes, recuperação das matas ciliares e vegetação dos topos de morro.

O Programa é flexível quanto aos manejos e práticas conservacionistas. Entretanto, os mesmos deverão aportar, de forma comprovada, benefícios ambientais ao manancial de interesse. Estes benefícios incluem o abatimento da sedimentação e da turbidez da água e o aumento da infiltração de água no solo.

Os pagamentos serão feitos durante ou após a implantação de um projeto específico previamente aprovado e cobrirão, total ou parcialmente, os custos da prática implantada, dependendo de sua eficácia de aumento da infiltração de água e abatimento da poluição difusa. Para tanto, contratos são celebrados entre os agentes financiadores e os produtores participantes.

As sub-bacias para serem selecionadas deverão situar-se na região definida pelo Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica como áreas prioritárias para a produção de água.

O presente projeto inova, ao sair da vala comum do repasse de recursos para a execução de ações ou obras em propriedades públicas ou particulares de interesse público, e inaugura uma nova era na qual os pagamentos são feitos pelos serviços ambientais comprovadamente prestados e com efetiva participação da sociedade.

Agentes que já adotam práticas conservacionistas comprovadamente efetivas na bacia selecionada serão incentivados a continuar com elas. Esses bons atores receberão, a título de incentivo, um percentual, a ser estipulado pelos agentes participantes, dos valores de referência das práticas já adotadas relativas a um novo empreendimento ou um percentual dos valores pagos pelas áreas reflorestadas a título de remuneração pelas florestas existentes.

### **Objetivos do Programa Produtor de Água**

O Programa Produtor de Água, ainda que possa gerar algum benefício individual, tem como principal objetivo a execução de ações que alterem, de modo considerado benéfico à coletividade, a qualidade, a quantidade e o regime de vazão das bacias hidrográficas, e tem os seguintes objetivos:

- difundir e discutir o mercado de serviços ambientais, explicitando produtos ecossistêmicos gerados através da ação antrópica (serviços ambientais) sobre bacias hidrográficas;
- aumentar a oferta de água nas bacias hidrográficas, por meio da adequada alimentação do lençol freático, a ser obtida com o uso de práticas mecânicas e vegetativas que aumentem a infiltração de água no solo;
- reduzir os níveis de poluição difusa rural em bacias hidrográficas estratégicas para o país, principalmente aqueles decorrentes dos processos de erosão, sedimentação e eutrofização;
- difundir o conceito de manejo integrado do solo e da água através da conscientização e do incentivo à implantação de práticas e manejos conservacionistas e da preservação e recuperação de florestas nativas;
- garantir a sustentabilidade sócio-econômica e ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivos financeiros aos agentes selecionados.

### **Metas do Programa**

- redução de 50% da erosão e da sedimentação nas bacias selecionadas;
- recuperação (construção de cercas e enriquecimento) das áreas de preservação permanente das propriedades rurais participantes;
- recomposição (identificação, construção de cercas e enriquecimento) das áreas de reserva legal das propriedades rurais participantes;
- treinamento de potenciais agentes executores do Programa (Estados, comitês de bacias, cooperativas, etc.) em relação aos seus critérios e procedimentos.



## **Fontes de Recursos do Programa**

A lógica do programa pressupõe a criação de um mercado regional para os serviços ambientais, onde estejam claramente definidos os prestadores de serviços ambientais e os beneficiários dos mesmos, sendo assim, a alocação de recursos por parte dos beneficiários é condição indispensável para a implementação do programa, além dos recursos próprios do beneficiários, outras fontes de recursos podem ser consideradas:

- recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- das empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários;
- dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos; Do Fundo Nacional de Meio Ambiente;
- do Orçamento Geral da União;
- do orçamento de Estados, Municípios e Comitês de Bacias;
- compensação financeira por parte de usuários beneficiados;
- mecanismo de Desenvolvimento Limpo / Protocolo de Kyoto;
- Organismos Internacionais (ONG's, GEF, BIRD, etc.); e
- financiamento de bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil e BNDES).

## **Estimativa dos impactos do programa para os recursos hídricos**

Os benefícios gerados pelo abatimento da erosão serão avaliados através de indicadores simples e eficazes tais como a vazão e a turbidez da água em cursos de água da bacia selecionada e em períodos pré-estabelecidos. Estas medições serão conduzidas por técnicos da Contratante, da unidade de gestão do projeto ou de entidade devidamente credenciada (certificadora).

Tendo em consideração a necessidade de aprimoramento da avaliação desses benefícios, está em curso um programa de monitoramento.

Os dados obtidos nesse monitoramento não terão o condão de alterar as cláusulas estabelecidas em contratos já firmados, no entanto, serão de fundamental importância para melhor avaliação dos benefícios gerados pelas diversas práticas mecânicas e vegetativas utilizadas, possibilitando assim o ajuste dos indicadores para a contratação de novos projetos no âmbito do Programa.

## **Seleção de bacias hidrográficas no Programa**

As bacias hidrográficas elegíveis no Programa são aquelas, cujos usuários estejam dispostos a criar um mercado para pagamento dos serviços ambientais e que, preferencialmente, atendaem aos seguintes critérios:

1. bacias hidrográficas que já tenham os instrumentos de gestão, previstos na Lei 9.443/97, implementados;
2. a bacia hidrográfica cujo Plano de Recursos Hídricos identifique problemas de poluição difusa de origem rural, erosão e déficit de cobertura vegetal em APP's e proponha ações de mitigação desses impactos;
3. a bacia hidrográfica de um manancial de abastecimento de água para uso urbano ou industrial;

Caberá ao Comitê de Bacias identificar e hierarquizar as sub-bacias prioritárias no âmbito de sua jurisdição.

## **Definição do Percentual de Abatimento de Erosão (P.A.E. %)<sup>1</sup>.**

Os pagamentos aos participantes do Programa Produtor de Água serão proporcionais aos benefícios ambientais gerados pelas práticas ou manejos implantados na propriedade, no que diz respeito ao abatimento de sedimentação aos corpos d'água da bacia.

A primeira premissa do Programa é que, com a adoção das práticas conservacionistas, o aporte de sedimento anual (Y, em t/ano) a um ponto da bacia (digamos, uma captação para abastecimento) é reduzido na mesma proporção que a redução da erosão total na mesma (At, em t/ano).

A relação entre Y e At é a seguinte:

$$Y = (SDR) * At \quad [1]$$

SDR (relação de aporte de sedimentos) é uma constante (adimensional, variando entre 0 e 1) que depende de fatores fisiográficos da bacia. Estudos sedimentológicos em vários países indicam que o SDR é

<sup>1</sup> Compilação do texto....Chaves, et al....., ajustado para o Projeto Piloto do Programa Produtor de Água em curso na bacia hidrográfica do Sistema Cantareira.



inversamente proporcional à área da bacia ( $SDR \approx 1/\text{Área}^{0,2}$ ).

A erosão total na bacia ( $A_t$ ), por sua vez, é a soma das erosões individuais das suas glebas e vertentes. Por outro lado, a erosão em uma gleba depende de vários fatores, tais como o clima, a topografia, a erodibilidade do solo e o tipo de uso e manejo do solo.

A segunda premissa do Programa é que a razão entre a erosão antes e depois da implantação da prática conservacionista é igual à razão entre os fatores de risco de erosão do solo, antes e depois, ou seja:

$$A_1/A_0 = \Phi_1/\Phi_0 \quad [2]$$

Nessa equação,  $A$  (t/ha/ano) é a perda de solo na gleba, antes ( $A_0$ ) e depois ( $A_1$ ) da implantação da prática conservacionista,  $\Phi_0$  é o fator de risco de erosão proporcionado pelo uso e manejo atual e  $\Phi_1$  é o fator de risco de erosão proposto, estes últimos tabelados.

Uma vez que a gleba e as condições de contorno (clima, topografia, solo) são as mesmas antes e depois da adoção da prática conservacionista, a única variável alterada seria  $\Phi$ .

Assim, a seguinte relação pode ser obtida:

$$P.A.E. (\%) = 100 (1 - \Phi_1 / \Phi_0) \quad [3]$$

P.A.E. (%) é o abatimento de erosão proporcionado pela prática adotada. O raciocínio é que, abatendo-se um percentual da erosão original em uma gleba ou propriedade da bacia, a sedimentação referente a essa gleba será reduzida na mesma proporção (conforme indica a equação [1]).

No caso da estimativa do Percentual de Abatimento de Erosão (P.A.E.) em uma propriedade individual, estima-se os valores de  $\Phi$  antes e depois da aplicação da prática e, em seguida, aplica-se a equação [3].

Já para a estimativa dos benefícios de abatimento global da erosão na bacia, aplica-se a equação [3] a todas as propriedades participantes do Programa na bacia e, através dos valores ponderados de  $\Phi_1$  e  $\Phi_0$ , obtém-se o valor global de P.A.E. em percentagem de abatimento.

De forma análoga e, conhecendo-se o coeficiente SDR da bacia e os valores referentes à perda de solo ( $A$ ), pode-se obter o valor de abatimento do aporte de sedimento ( $Y$ ), conforme a indica a equação [1].

A grande vantagem deste método é a simplicidade e a robustez, já que o mesmo não requer o conhecimento de todas as variáveis da USLE<sup>2</sup> para a estimativa do abatimento de erosão.

### Valores de $\Phi$ para diferentes usos e manejos do solo

De forma a obter os valores de  $\Phi$  para diferentes práticas e manejos do Programa, dados foram levantados na literatura, em função de experimentos em parcelas de enxurrada e em micro-bacias experimentais no Brasil e nos EUA.

A Tabela 1 abaixo lista os valores de  $\Phi^3$  para estes diferentes tipos de uso e manejo do solo, de forma a se obter o P.A.E. para os projetos do Programa:

**Tabela 1.** Valores de C, P e  $\Phi$  para diferentes usos e manejos do solo.

Nº.	Manejo Convencional	C	P		Obs.
1	Grãos	0,25	1,0	0,25	Milho, soja, arroz, feijão
2	Algodão	0,62	1,0	0,62	
3	Mandioca	0,62	1,0	0,62	
4	Cana-de-açúcar	0,10	1,0	0,10	Média de 4 cortes
5	Batata	0,75	1,0	0,75	
6	Café	0,37	1,0	0,37	
7	Hortaliças	0,50	1,0	0,50	
8	Pastagem degradada	0,25	1,0	0,25	
9	Capoeira degradada	0,15	1,0	0,15	
	<b>Manejo Conservacionista</b>	<b>C</b>	<b>P</b>		<b>Obs.</b>
10	Grãos, rotação	0,20	1,0	0,20	Gramínea/Leguminosa

<sup>2</sup> USLE (Equação Universal de Perda de Solo). Essa equação estabelece que  $A=R K L S C P$ . Onde  $A$  (ton/ha.ano) é a perda de solo média anual na gleba de interesse,  $R$  (MJ mm/ha h) é a erosividade da chuva e da enxurrada,  $K$  (t.ha.h/ha.MJ.mm) é a erodibilidade do solo,  $L$  (adimensional) é o fator de comprimento de rampa,  $S$  (adimensional) é o fator de declividade da rampa,  $C$  (adimensional) é o fator de uso e manejo do solo, e  $P$  (adimensional) é o fator de práticas conservacionistas.

<sup>3</sup> Os valores de  $\Phi$  são determinados pela multiplicação de C e P (variáveis componentes da USLE).



11	Grãos, em nível	0,25	0,5	0,13	
12	Grãos, rot., em nível	0,20	0,5	0,10	
13	Grãos, faixas veg.	0,25	0,3	0,08	Faixas c/ 20% larg.
14	Grãos, cordões veg.	0,25	0,2	0,05	
15	Grãos, terraços	0,25	0,1	0,03	Em nível, com manut.
16	Grãos, rot., terraços	0,20	0,1	0,02	
17	Grãos, pl. direto	0,12	0,1	0,01	Média de 4 anos
18	Alg./mandioca, rotação	0,40	1,0	0,40	Rotação com grãos
19	Alg./mandioca, nível	0,62	0,5	0,31	
20	Alg./mandioca, rot., nível	0,40	0,5	0,20	
21	Alg./mandioca, faixas	0,62	0,3	0,19	
22	Alg./mandioca, cordões veg.	0,62	0,2	0,12	
23	Alg./mandioca, terraços	0,62	0,1	0,06	
24	Alg./mandioca, rot., terraços	0,40	0,1	0,04	
25	Alg./mandioca., plantio direto	0,40	0,1	0,04	
26	Cana, em nível	0,10	0,5	0,05	
27	Cana, em faixas	0,10	0,3	0,03	
28	Cana, terraços	0,10	0,1	0,01	
29	Batata, em nível	0,75	0,5	0,38	
30	Batata, em faixas	0,75	0,3	0,23	
31	Batata, terraços	0,75	0,1	0,08	
32	Café, em nível	0,37	0,5	0,19	
33	Café, em faixas	0,37	0,3	0,11	
34	Hortaliças, em nível	0,50	0,5	0,25	
35	Pastagem recuperada	0,12	1,0	0,12	
36	Pastagem, rotação c/ grãos	0,10	1,0	0,10	
37	Reflorestamento	0,05	1,0	0,05	
	<b>Situação</b>	<b>C</b>	<b>P</b>		<b>Obs.</b>
38	Estrada degradada	0,50	1,0	0,50	
39	Estrada conservada	0,50	0,2	0,10	Retaludamento, baciões

## Manejo Convencional

Em função dos valores de  $\Phi$  obtidos da Tabela 1, serão calculados os Percentuais de Abatimento de Erosão (P.A.E.) para cada projeto proposto no Programa, através da equação [3]. Em seguida, valores financeiros de referência (V.R.E.) serão estimados para cada hectare dos projetos individuais, de forma a se obter o valor total do pagamento ao produtor participante.

Para fins de enquadramento de algumas ações de conservação de água e solo não previstas na Tabela 1, deverão ser adotados os seguintes critérios:

### Pastagem

**Pastagem degradada** – item 08 da Tabela 1.

**Pastagem recuperada** – item 35 da Tabela 1.

Enquadram-se neste item as ações de subsolagem, implantação de barraginhas, melhoria da fertilidade (correção da acidez, adubação etc.) e recuperação da cobertura vegetal (formação de pastagem, enriquecimento com leguminosas, recuperação da pastagem e pastejo rotacionado). Pode-se atingir até 75% de redução da erosão, desde que seguida integralmente a orientação da Assistência Técnica.

- Subsolagem, correção da acidez, adubação – P.A.E. = 25 a 50 %;
- Barraginhas, recuperação da cobertura vegetal – P.A.E. = 51 a 75 %;





### **Pastagem recuperada com conservação de solo (barraginhas ou terraços)**

Utiliza-se este termo, quando são utilizadas simultaneamente as práticas mecânicas e vegetativas de proteção do solo. Enquadram-se na faixa > 75% de redução da erosão desde que seguida integralmente a orientação da Assistência Técnica.

### **Barraginhas**

Devem ser consideradas, para efeito da aplicação da Tabela 1, como uma prática alternativa ao terraceamento, tendo em vista a limitação da utilização de terraços em áreas com declividades superiores a 15%. Sendo assim, poderá ser projetada, segundo critérios técnicos, uma malha de barraginhas que possibilite coletar e infiltrar a maior parte da água de escoamento superficial, reduzindo a erosão e melhorando a alimentação do lençol freático.

Sugere-se que esta prática, quando utilizada isoladamente, se adequadamente dimensionada e aplicada em regiões com nível de cobertura vegetal suficiente para evitar erosão, seja considerada de eficiência superior a 75% de redução de erosão, caindo para uma faixa de 51 a 75 % quando a cobertura vegetal não for suficiente à adequada proteção do solo.

Nos casos de o projeto elaborado não ser integralmente implantado, caberá à Assistência Técnica reavaliar o enquadramento da prática, podendo nesses casos a eficiência de redução da erosão ser inferior a 50%.

A Tabela 2 a seguir lista os valores de referência, em função do abatimento de erosão na gleba:

**Tabela 2.** Valores de Referência para Pagamento (V.R.E)

<b>Indicador</b>	<b>Faixa</b>		
	<b>P.A.E. (%)</b>	<b>25-50</b>	<b>51 -75</b>
<b>V.R.E (R\$/ha/ano) Projetos novos</b>	-	-	-
<b>V.R.E (R\$/ha/ano) Projetos existentes</b>	-	-	-

É importante ressaltar que os valores definitivos serão estabelecidos para cada bacia hidrográfica, conforme suas características.

Apesar de o Programa ser flexível e permitir todos os tipos de práticas e manejos, um valor mínimo de abatimento de erosão (25%) é necessário para que o projeto proposto seja aceito. Além disso, em uma primeira etapa do Programa, sugere-se que seja estipulado um limite máximo de hectares para cada produtor participante.

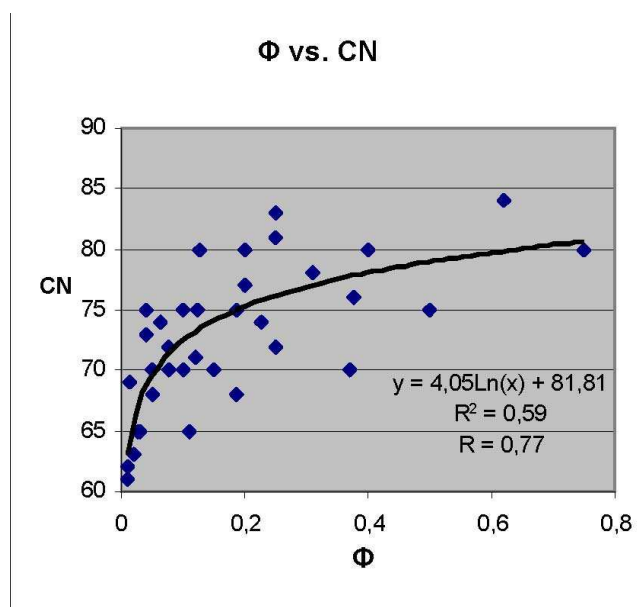
### **Correlação entre o abatimento de erosão e o aumento de infiltração de água no solo**

Apesar de o Programa Produtor de Água considerar, de forma explícita, apenas o abatimento relativo à erosão (para facilitar sua aplicação no campo), há uma correlação óbvia entre este e o aumento de infiltração de água no solo, o qual irá contribuir para a recarga dos aquíferos e o aumento da disponibilidade de água nos mananciais durante a estação seca.

Assim, uma correlação entre os valores de  $\Phi$  da Tabela 1 e os respectivos valores do parâmetro número-curva (CN)<sup>4</sup> do *US-Soil Conservation Service* foi estabelecida para usos e manejos típicos. Essa correlação é apresentada na Figura 1 abaixo.

<sup>4</sup> O parâmetro número-curva é uma metodologia utilizada na estimativa do escoamento superficial. É amplamente utilizado, pois depende de poucos parâmetros e por estes estarem relacionados às características físicas da bacia hidrográfica.

**Figura 1.** Correlação entre os valores de  $\Phi$  e CN para diferentes usos e práticas.





Na década de 60, em função da necessidade de maior quantidade de água para a região da grande São Paulo, foram realizados muitos estudos e algumas alternativas foram apontadas. A opção adotada e implantada a partir do final dos anos 60, foi a de procurar água para São Paulo na região das cabeceiras (nascentes) da bacia do rio Piracicaba, surgindo então o “Sistema Cantareira”. O Sistema Cantareira é composto por quatro grandes reservatórios, formados pelos rios Jaguari, Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Juqueri, dos quais os três primeiros localizam-se nas cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Piracicaba e o último na bacia do Alto Tietê.

As poluições difusas das áreas rurais, que decorrem predominantemente dos processos de erosão e sedimentação, representam uma séria ameaça aos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Jundiá e Capivari. Esta ameaça é particularmente grave uma vez que parte significativa destes corpos d’água são mananciais para abastecimento urbano em uma região com elevada densidade demográfica.

Além de causar perdas significativas dentro das propriedades, a erosão apresenta externalidades ambientais e sócio-econômicas significativas no momento em que o sedimento deixa a propriedade, em direção aos cursos d’água.

Mesmo havendo importantes avanços na conservação do solo no País nos últimos 20 anos, não houve, até agora, uma preocupação explícita com os efeitos fora-da-propriedade (off-site), tais como o controle da poluição difusa rural, sedimentação e dos impactos destas sobre mananciais de abastecimento, situados a jusante de áreas agrícolas. Da mesma forma, apesar da existência do Código Florestal há mais de 40 anos, a recuperação de áreas de preservação permanente não tem-se efetivado.

Buscando modificar esta situação, utiliza-se neste caso o modelo provedor-recebedor (baseado em incentivos), mais eficiente e eficaz no controle da erosão e da poluição difusa do que o tradicional modelo usuário/pagador, e tem a vantagem de também ser aplicável como estímulo à restauração das áreas florestais importantes para o restabelecimento dos serviços ecossistêmicos.

O Programa, denominado Produtor-Conservador de Água, é na verdade uma experiência piloto do Programa Produtor de Água da ANA e visa aplicar esse conceito através da implantação de um modelo de sistema de pagamentos por serviços ambientais; ou seja, pretende testar se o incentivo mediante compensação financeira aos agentes que, comprovadamente, contribuirão para a proteção e recuperação de mananciais, auxilia a recuperação do potencial de geração de serviços ecossistêmicos, provendo benefícios para a bacia e para sua população. As intervenções a serem realizadas permitirão a melhoria substancial na qualidade e na vazão média dos mananciais. A adequação ambiental das propriedades rurais direcionará o desenvolvimento agrícola de bacia de forma sustentável.

Estas ações serão dirigidas prioritariamente aos produtores rurais, responsáveis pelo uso e manejo do solo. Os recursos financeiros (alocados mediante contratos individuais) serão liberados aos produtores para compensar seu esforço na produção de serviços ambientais, proporcionados pelas práticas conservacionistas que reduzem a erosão, e outras ações de recuperação da cobertura florestal e manutenção de matas nativas. O apoio financeiro aos produtores rurais pelos serviços ambientais prestados garantirá a sustentabilidade do projeto, pois o proprietário rural será o principal interessado em cumprir as metas estabelecidas para poder receber o apoio financeiro.

### **O Projeto Piloto “Produtor/Conservador de Água”**

Este projeto abrange a sub-bacia do Cantareira, com experiência piloto, de pagamentos por serviços ambientais, realizadas nas microbacias do Ribeirão do Moinho em Nazaré Paulista, Ribeirão Cancã em Joanópolis e Ribeirão das Posses, em Extrema, os dois primeiros localizados no estado de São Paulo e o último, localizado no estado de Minas Gerais, cujos resultados serão difundidos na área de abrangência do Sistema Cantareira.

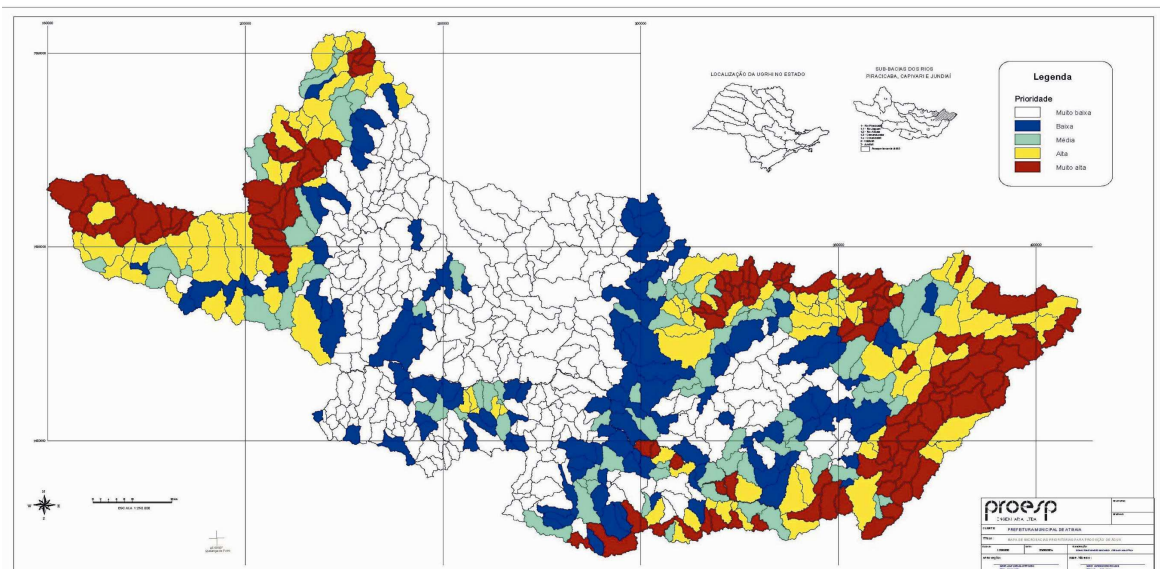
As microbacias paulistas foram selecionadas segundo critérios de seleção aprovados pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do PCJ, para a implantação de projetos demonstrativos de recuperação de matas ciliares no âmbito do Projeto de Recuperação de Matas Ciliares desenvolvido pela SMA. Também estão inseridas no Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, desenvolvido pela SAA/CATI. A microbacia mineira foi escolhida de acordo com critérios definidos pela Prefeitura de Extrema, na regulamentação da Lei Municipal, que cria o Programa “Conservador das Águas”.

Os critérios de seleção definidos pela Câmara Técnica de Recursos Naturais e referendados pelo plenário

do Comitê consideram a importância da área para a produção de água e para a conservação da biodiversidade, a existência ou o potencial de mobilização e organização de produtores, outras iniciativas para a recuperação de matas ciliares, a estrutura fundiária priorizando áreas com predominância de pequenas propriedades e maiores índices de pobreza, a fragilidade do meio e o tipo de atividade atual e a priorização definida pelo plano da bacia.

É importante ressaltar que as três microbacias indicadas estão localizadas em áreas prioritárias para a produção de água, conforme mapeamento efetuado pelo Comitê PCJ.

**Figura 2.** Microbacias prioritárias para a produção de água nas bacias hidrográficas dos Rios PCJ



O Projeto seguirá as diretrizes e conceitos do Programa de Incentivo ao Produtor de Água, desenvolvido pela ANA (apresentado e aprovado na 12ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Uso e Conservação da Água no Meio Rural / PCJ, em 11 de agosto de 2006), que é um programa voluntário de restauração do potencial hídrico e do controle da poluição difusa no meio rural. Neste projeto serão feitos pagamentos aos produtores rurais que, através de práticas e manejos conservacionistas e de melhoria da cobertura vegetal, venham a contribuir para o aumento da infiltração de água e para o abatimento efetivo da erosão e da sedimentação.

Os pagamentos aos produtores serão baseados na realização das práticas recomendadas pelos técnicos participantes do Projeto, práticas estas relacionadas à conservação do solo e manutenção da qualidade e quantidade de água.

Agentes que já vêm adotando práticas conservacionistas nas sub-bacias do Ribeirão do Moinho, Ribeirão Cancã e Ribeirão das Posses, serão incentivados a continuar com elas. Esses bons atores receberão, a título de incentivo os valores de referência das práticas já adotadas.

Poderão participar do Projeto Piloto de Pagamento por Serviços Ambientais os produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas), devidamente inscritos no Cadastro de Produtores Rurais dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente se suas propriedades estiverem inseridas nas sub-bacias hidrográficas do Ribeirão do Moinho, em Nazaré Paulista, e do Ribeirão Cancã, em Joanópolis, conforme definição do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas da CATI/SAA, no primeiro caso e na sub-bacia das Posses, em Extrema, no segundo caso.

## Objetivo geral

Avaliar o grau de eficácia de um Sistema de Pagamentos por Serviços Ambientais como estímulo à adoção de práticas de conservação de solo e água e restauração de áreas de preservação permanente em 3 micro-bacias hidrográficas.



### **Objetivos específicos**

Aplicar metodologia específica do Programa Produtor-Conservador de Água nas sub-bacias do Cancã, em Joanópolis, do Moinho, em Nazaré Paulista e das Posses, em Extrema;

Difundir e discutir o conceito de serviços ambientais;

Difundir, na área de abrangência do projeto o conceito de manejo integrado do solo e da água através da conscientização e do incentivo à implantação de práticas conservacionistas e a preservação e recuperação de florestas nativas;

Determinar o abatimento, por simulação, da sedimentação nos cursos d'água e comparar os resultados obtidos nas sub-bacias piloto com os resultados de sub-bacias testemunhas escolhidas da área de estudo do projeto.

Avaliar a percepção do proprietário rural sobre serviços ecossistêmicos.

Treinar potenciais agentes replicadores do Projeto em relação aos seus critérios e procedimentos na sub-bacia do Cantareira.

Divulgar os resultados do projeto na área de abrangência do Sistema Cantareira.

### **Metas do projeto**

As metas do projeto são: Difusão e comunicação do Projeto e do Conceito de Pagamentos por Serviços Ambientais, Diagnóstico das Propriedades Interessadas, Conservação de solo, Saneamento ambiental, Implantação de Reserva Legal, Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), Monitoramento do Projeto, Coordenação e gerenciamento do projeto.

Difusão e comunicação do Projeto e do Conceito de Pagamentos por Serviços Ambientais.

Esta meta foi prevista para avaliar o estágio atual do conhecimento popular sobre serviços ambientais, propor formar de ampliar o conhecimento sobre estes serviços e verificar a eficácia das ações promovidas.

Também neste componente, estão as ações referentes à comunicação geral do Projeto, para os produtores rurais e outros públicos-alvo do mesmo. O Plano de Divulgação e Comunicação proposto neste trabalho tem como objetivo estabelecer formas de comunicação com os diversos públicos, contribuindo com a mobilização dos atores envolvidos, criando espaço para o projeto na mídia regional e nacional e abrindo espaço para novas parcerias no processo de implantação do Produtor-Conservador de Águas nas outras sub-bacias do PCJ.

As ações de comunicação deste Plano foram planejadas para diferentes públicos objetivando garantir o envolvimento de todos os setores sociais com linguagem e abordagem apropriadas.

### **Montante de investimento**

A ANA investirá R\$350.000, os Comitês PCJ, R\$ 550.000; a TNC, R\$ 443.093; SMA/SP, R\$ 1.090.890; CATI/SP, R\$ 876.090; Prefeitura de Extrema (MG), R\$ 393.600; a Sabesp, R\$ 157.670; o IEF/MG, R\$ 100.000, perfazendo um total de R\$ 3.961.343,00.

### **Referências Bibliográficas**

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). Programa Produtor de Água: manual operativo. Brasília: ANA, SUM, 2008. 64p.

GEO Brasil 2002: perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. Brasília: IBAMA, 2002. 447 p.



## Abordagem Etnopedológica para Auxiliar Ações Socioambientais: Diagnóstico e Gestão Participativa dos Recursos Naturalizados na Terra Indígena Kraholândia

**Júlio César de Lucena Araújo<sup>(1)</sup> & Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup>Doutorando, Curso de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR 465, km 7, Seropédica, RJ, CEP 23890-000, athorkran@ufrj.br (palestrante)

<sup>(2)</sup>Professor Associado, Depto Solos, UFRRJ, lanj@ufrj.br

**RESUMO:** A temática da apresentação envolve conhecimento pedológico; Terras Indígenas; e gestão socioambiental. O objeto da pesquisa é o conhecimento pedológico, principalmente o localmente produzido, socializado e “territorializado” pelo Povo Krahô na Terra Indígena Kraholândia, em Tocantins. O objetivo do estudo é a fusão de conhecimentos pedológicos, a ser definido em tese como conhecimento etnopedológico, segundo processo metodológico que está sendo construído com o Povo Krahô. As hipóteses tratam do conhecimento pedológico krahô, das lógicas individuais, coletivas, sociais e culturais de ocupação do território atual; do conhecimento pedológico desenvolvido e formalizado pelos centros de pesquisa, ensino e extensão, em Ciência do Solo não indígena; e, dos conhecimentos pedológicos envolvidos neste estudo, o local e o externo, como fonte para enriquecer o saber sobre o solo. A metodologia aplicada reúne métodos das Ciências Sociais, a exemplo da etnografia, e das Ciências Naturais, como são os da Ciência do Solo e, dentro desta, os da Pedologia. Esta pesquisa almeja produzir informações para auxiliar a tomada de decisões sobre os sistemas de produção na Terra Indígena Kraholândia; as práticas de uso e manejo das terras; e a conservação e preservação dos seus recursos naturais. Além de contribuir para o saber sobre o Bioma Cerrado e seus componentes, através do conhecimento etnopedológico.

**Palavras-chave:** Conhecimento Etnopedológico, Povo Krahô, Cerrado.

### Introdução

De acordo com Freire (2006): “Pedologia (pedon = solo + logos = estudo) é o ramo da ciência que estuda o solo como um corpo natural”.

O estudo etnopedológico (ethno = Povo + pedon = solo + logos = estudo) é o ramo da ciência, com ideal transdisciplinar, que estuda o conhecimento pedológico localmente produzido, socializado e territorializado; estuda o solo naturalizado por identidades socioambientais.

“Existem muitos conceitos de solo. Cada um deles revelando a perspectiva pela qual o interessado o considera”; “a Pedologia, por essas razões, se tornou um ponto de convergência de muitos ramos do conhecimento humano, tais como: Geologia, Climatologia, Química, Física, Biologia, Geografia, Agricultura e Antropologia, sendo que a sua natureza interdisciplinar é de grande importância para a solução de problemas de ecologia humana” (Freire, 2006).

Sobre a originalidade do termo Etnopedologia, e seus significados, de acordo com Ortiz-Solorio & Gutiérrez-Castorena (2001) Barbara J. Williams da Universidade de Wisconsin (USA) é “considerada como a pioneira no assunto”. No estudo sobre:

“A percepção popular das propriedades dos solos e seus processos; as classificações e taxonomias locais de solos; as teorias, explicações e dinâmicas das propriedades dos solos; o manejo local dos solos; as percepções populares das relações entre os domínios de solos e plantas; a comparação entre a ciência do solo técnica e popular; a valorização da percepção popular do solo nas práticas agrícolas e outros reinos do comportamento” (Williams & Ortiz-Solório, 1981) (tradução do autor).

Abordagens metodológicas em pesquisa e desenvolvimento, que se esforçam para compreender o arcabouço cultural e seus conhecimentos, contribuem para a conservação dos recursos naturais e para segurança alimentar de povos indígenas e comunidades tradicionais. Esta afirmativa tem reunido, no desenvolvimento da pesquisa que será apresentada, instituições como: Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Cenargen (Centro Nacional de Recursos Genéticos) e CPAC (Centro de Pesquisa



Agropecuária dos Cerrados); Funai (Fundação Nacional do Índio); Kapej (Associação União das Aldeias Krahô); e a UFRRJ (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), através do Departamento de Solos e do Curso de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo (CPGA-CS).

O viés da pesquisa etnopedológica, que vem se desenvolvendo há quase 10 anos na UFRRJ, tem permitido o registro de informações sobre o conhecimento pedológico, e suas complexas interações com outras categorias de informações de relevância socioambiental, como as naturalizadas por comunidades tradicionais, em especial as Terras Indígenas.

O registro etnopedológico advém de informações padronizadas, obtidas durante pesquisa científica sobre o solo e suas relações socioambientais. Essas informações são reconhecidas por personalidades e coletividades locais do território socioambiental proeminente; como também, pelos demais integrantes da pesquisa etnopedológica. Elas resguardam, na estrutura de seu registro, a identidade cultural analisada. O registro etnopedológico é um esforço intelectual para elucidar categorias locais de solo e outras relacionadas a ele, e, portanto, de melhor compreender o processo de produção de conhecimento pedológico local, as percepções e práticas derivadas dele. Ainda, procura-se perceber suas complexidades, muitas vezes ocultas a sensibilidades e ao tempo ou espaço de uma pesquisa apenas etnográfica ou meramente pedográfica.

Quanto ao tema de debate na sessão especial da XVII RBMCSA – água, solo, diagnóstico e gestão participativa de recursos naturais – serão inseridas para reflexão, os recursos naturalizados em territórios ocupados por povos de identidade indígena. O que será feito através da apresentação de partes da pesquisa em andamento, cujo objeto é o conhecimento pedológico localmente produzido, socializado e “territorializado” pelo Povo Krahô, no Estado de Tocantins.

De acordo com o desenvolvimento da tese, as hipóteses do estudo estão estruturadas, da seguinte maneira:

a. A primeira, a de que o conhecimento pedológico krahô pode ser acessado, e organizado, na busca de informações padrões, reconhecidas durante a pesquisa etnopedológica.

b. A segunda, a de que o acesso ao conhecimento pedológico krahô, e de seus especialistas, permitirá analisar questões sobre lógicas individuais, coletivas, sociais e culturais de ocupação do território atual. Seja relacionado às práticas de caça, coleta ou agricultura; como também, a biodiversidade dos recursos naturalizados pelos Krahô no território atual.

c. A terceira é a de que o conhecimento pedológico desenvolvido e formalizado pelos centros de pesquisa, ensino e extensão, em Ciência do Solo não indígena, pode auxiliar, traduzindo, a partir de seus resultados, uma análise do efeito histórico da produção e aplicação do conhecimento pedológico krahô no seu espaço socioambiental.

d. A derradeira é a de que a mescla e a aplicação dos conhecimentos pedológicos envolvidos no estudo, o local e o externo, pode auxiliar nas decisões sobre sistemas de produção na Terra Indígena Krahôlândia, nas práticas de uso e manejo, de conservação e preservação dos seus recursos naturais, notadamente o solo.

Diante da temática, o objeto e as hipóteses desta pesquisa, os esforços que serão despendidos durante o estudo são para promover o diálogo, modernamente necessário, sobre: oferta e demanda socioambiental do território Krahô; a realização de atividades de subsistência no território que garantam a segurança alimentar do Povo Krahô; a incorporação de conhecimentos potencialmente inadequados à estrutura básica de suas percepções, conhecimentos e práticas, e do próprio ambiente da Terra Indígena Krahôlândia. Enfim, um diálogo visando o desenvolvimento sustentado com base em necessidades locais e, mais que tudo, reais para os Krahô.

A incompreensão dos conhecimentos pedológicos, afeta, de sobremaneira, a compreensão de demandas por solo e território, mesmo para a subsistência, principalmente cultural, nos quadros políticos, econômicos e sociais. Por isso, a pesquisa trata dos meios krahô de apropriação dos recursos naturais e de todo um ecossistema a partir de um diálogo pedológico, sobre o solo. Ressalta-se, para tanto, que o solo é o substrato determinante para a sustentabilidade socioambiental de qualquer nação, e que sua utilização adequada não é só uma responsabilidade do Povo Krahô, mas do país.

A Terra Indígena Krahôlândia, em Tocantins, detém a maior área contínua de Cerrado ainda preservado.

### **Estado Da Arte**

A pesquisa tem o apoio logístico da Embrapa Cenargen e Embrapa Cerrados, dentro do Macro programa 6 da Embrapa, Plano de Ação Número 5 – Caracterização ambiental da terra indígena Krahô, e como parte



do projeto: “Estudos Etnobiológicos e Conservação da Agrobiodiversidade para Segurança Alimentar e Desenvolvimento Sustentável dos Povos Indígenas Krahô, Kayabi e Yawalapiti”.

### **Terra Indígena Kraholândia**

De acordo com os registros da Funai, a Terra Indígena Kraholândia está localizada no nordeste de Estado do Tocantins (BR), aproximadamente 100 km da capital do Estado, Palmas, entre as latitudes 8° S e 9° S e longitudes 46°54' W e 51°18' W; nos municípios de Itacajá e Goiatins, próximo a fronteira com o Estado do Maranhão. A Terra Indígena cobre uma área de 302.533 ha, entre os rios Manuel Alves e Vermelho, com um perímetro de 374.500m. A Terra Indígena foi demarcada em 1944 e só foi homologada em 1990, pelo Decreto nº 99.062 (FUNAI, 2006).

A Terra Indígena é ocupada por 21 aldeias, segundo dados locais. Entretanto, Mistry et al. (2004) registraram 16 aldeias, de vários tamanhos, com uma população de aproximadamente 2000 pessoas.

O clima é nitidamente sazonal, caracterizado por uma estação chuvosa, de outubro a abril, e uma estação seca, de maio a setembro. Nessa alternância climática se definem as atividades de caça, coleta, agricultura e pesca. A pesca, restrita ao período seco, ocorre, na Terra Indígena Krahô, em cursos d'água de pequeno porte, e possuem peixes igualmente pequenos, como acarás, pacus, traíras e piabas. Apenas nos rios de maior volume de água, como o Rio Vermelho, o Rio Manuel Alves Pequeno e seu afluente o Riozinho, é que se encontram espécies maiores como o jaú, e em maior quantidade. Segundo o relato de alguns indígenas, a pesca no Manuel Alves Pequeno não é tão farta por causa da concorrência com os moradores sertanejos e de Itacajá (Guerra, 2004; Mistry et al., 2004).

A precipitação média anual na estação chuvosa varia entre 1600 e 1800 milímetros. Os incêndios são comuns na estação seca, onde ocorre uma queda na precipitação de cerca de 75%. Contudo, as paisagens caracterizadas por chapadas de arenito paleozóico condicionam várias vias navegáveis dentro e fora da Terra Indígena (Mistry et al., 2004).

O relevo é caracterizado por áreas de chapadas, com morros residuais de topos horizontais e aplainados, que são o testemunho das feições passadas desse relevo que foi entalhado pelo ciclo das águas em um processo de recuo paralelo das vertentes desses morros. A altitude dessas áreas varia entre 200 e 500 metros, com maior altitude a sudeste (Melatti, 1972; Guerra, 2004).

A Terra Indígena é composta por parte da micro-bacia de dois rios, o Manuel Alves Pequeno e o Vermelho, ambos afluentes do Rio Tocantins. Delimitada a nordeste pelo Rio Vermelho e a sudeste, por seu afluente, o Rio Gameleira Grande. Assim como o Cerrado é considerado o berço das águas no Brasil, a Terra Indígena Krahô é o berço de suas águas, pois todas nascem no interior dessa área e correm para fora. Esse fato gera grande satisfação aos indígenas que se gabam de dispor de fartas nascentes de água pura e que não podem ser contaminadas pela ocupação do entorno de suas terras, o que, sem dúvida, é uma condição privilegiada (Guerra, 2004).

Segundo Guerra (2004), na Terra Indígena identificam-se quase todas as fitofisionomias do Cerrado: Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado strictu sensu, Cerradão, Campos Hidromórficos e as Matas Ciliares e de Galeria. Essa vegetação constituiu um elemento fundamental para as sociedades Jê do planalto Central, sobre as quais mantinham um controle rigoroso demonstrando grande conhecimento (Guerra, 2004).

Martins et al. (2001), usando técnicas do diagnóstico participativo, identificaram com a população indígena cinco unidades de paisagens e o respectivo tipo de uso. De acordo com o autor as roças Krahô são implantadas nas unidades III e V da paisagem (Tabela 1).



**Tabela 1.** Unidades da paisagem e o tipo de uso dado pelos Krahô (modificada de Martins et al., 2001).

Unidade	Rocha	Relevo	Solo	Vegetação	Uso da terra
I	Arenitos e conglomerados	Plano chapadas	Neossolo Litólico e Cambissolo	Cerrado Rupestre	Coleta e caça
II	Arcósios e argilitos	Multiconvexo	Cambissolo	Campo Limpo	Coleta e caça
III	Arenitos, arcósios e argilitos	Plano a suave ondulado	Neossolo Quartzarênico Latossolo e Argissolo	Floresta e Cerrado	Agricultura coleta e caça
IV	Sedimentos, colúvios e alúvios	Plano a suave ondulado	Neossolo Quartzarênico e Latossolo	Cerrado e Campo Limpo	Habitação, aldeias
V	Sedimentos aluvionares	Plano	Neossolo Quartzarênico, Latossolo e Gleissolo	Mata de Galeria	Agricultura

### Metodologia Etnopedológica

A metodologia adotada na pesquisa segue o preconizado por Barrera-Bassols & Zinck (2003), qual seja, a adoção de etapas de abordagem: etnográfica, comparativa e integrada.

A etapa etnográfica está sendo dimensionada, a partir da análise do complexo k-c-p (kosmus, corpus e praxis), conforme recomendado por Toledo (1992) para estudos etnoecológicos; contextualizada de acordo com um quadro teórico-metodológico comum as Ciências Sociais.

Para continuidade, às etapas de abordagem comparativa e integrada estão sendo aferidas conforme a obtenção dos resultados etnográficos. Isso por que, para averiguação da correspondência entre o saber local e os saberes acadêmicos, pertinentes à abordagem comparativa, é necessário saber da abordagem etnográfica: as terminologias, as categorias e as ações ambientais locais. Isto é, saber que ambientes são relevantes, direta e indiretamente, para os Krahô; quantos, a extensão e quais serão as condições destes ambientes apresentados pelos mesmos. Para a abordagem integrada, sobre a decisão de alternativas de gestão ambiental, estão sendo realizadas reuniões formais para apresentar e discutir as informações contidas no desenvolvimento da pesquisa, ou seja, o arcabouço do saber local e a caracterização pelo saber acadêmico relativo aos ambientes estudados. Além de oficinas para delinear as respectivas ações de gestão.

O registro etnopedológico é dependente dessas etapas, sendo necessário definir os atributos dos pedoambientes mais relevantes; para realizar qualquer correspondência e para proceder à integração de saberes – local e acadêmico – a respeito do solo; bem como para a elaboração de ações alternativas de uso e manejo desses pedoambientes.

Metodologias comuns da Pedologia não indígena, mas de notoriedade nacional, estão sendo utilizadas na caracterização e classificação dos pedoambientes; principalmente em relação à avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho e Beek, 1995) e a classificação dos solos (Embrapa, 2006). Assim como, a descrição e coleta de solo no campo (Santos et al., 2005) e os métodos de análise de solo (Embrapa, 1997). Para contribuir com a caracterização e sistematização das informações sobre os ambientes locais, estão sendo realizados, por outros pesquisadores, levantamentos florísticos (fitossociológico) e da fauna silvestre destinada à alimentação tradicional Krahô.

O Povo Krahô vive um momento da sua história onde a sua inserção social também tem sido como professores bilíngües, agentes de saúde, de comunicação e sanitários. Membros da comunidade são estudantes do ensino médio e superior, eleitores, beneficiários de auxílio maternidade, bolsa família, e aposentadoria. São participantes do atual campeonato de futebol do município de Itacajá, são funcionários de associação, de secretarias, de fundações, são palestrantes em eventos da educação, saúde e pesquisa, e muitas outras atividades. Mas esta não é a história da maioria. Ainda, existe na história Krahô, componentes que envolvem sua relação com o meio, com todo seu histórico de sustentabilidade socioambiental: como é o conhecimento pedológico.



Desta forma, os esforços nesta pesquisa seguem a perspectiva do conhecimento pedológico, para comunicação com o conhecimento do Povo Krahô, sobre a natureza de seu território, sobre a natureza do bioma cerrado.

### Abordagem etnográfica

Por compreender a relevância das discussões relativistas da modernidade científica, esta etnografia não assume uma ou outra corrente científica ideológica, como a “clássica” ou a “pós-moderna”. Mesmo assim, citando Caria (2003), “a nossa proposta é a de conjugar e fazer coexistir a linguagem da experiência, de estar e pensar no trabalho de campo, com a linguagem da teoria, que permite objetivar e racionalizar o que ocorreu”.

A pesquisa está sendo produzida permeando os pontos de vistas de técnicos da academia formal sobre a conectividade dos Krahô com sua natureza. A expectativa é a de que estes olhares possam retratar as possibilidades (realidades) subjetivas e objetivas do Krahô. Mesmo assim, conforme Moreira (2006), “mesmo as realidades científicas produzidas por este olhar, mesmo que complexo, devem ser considerados como meros registros e interpretações sobre as identidades sociais, nunca como a própria identidade”.

Assim, torna-se relevante saber que a pesquisa esta sendo conduzida por um engenheiro agrônomo, com conhecimento em Pedologia. Todavia, tem sido permitida para o desenvolvimento da pesquisa, uma orientação interdisciplinar, das Ciências Sociais e Naturais. Interdisciplinaridade esta, que está sendo aspirada através de bibliografias, dos conceitos e métodos de ação, e de suas aplicações. Orientações de profissionais das Ciências, mas principalmente, dos tutores Krahô e outros colegas: da antropologia, geologia, geografia, biologia, engenharia florestal; e da experiência de demais técnicos e instituições e organizações. O que é essencial para atender a expectativa final da pesquisa: a integração de saberes, local e acadêmico, para a elaboração de modelo(s) de gestão ambiental da Terra Indígena Krahôlândia condizentes com a cultura e a realidade socioambiental em que os Krahô se inserem.

A abordagem etnográfica esta estruturada sob a perspectiva, científica, da conexão intrínseca, das complexas representações de natureza e sociedade, na construção social da realidade. Para isto, o objeto, na construção desta etnografia, é definido como sendo as dimensões de kosmos (percepção), corpus (conhecimento) e praxis (práticas) (Toledo, 1992), para serem elucidadas, respectivamente, entre os que se reconhecem, ou se identificam como Krahô.

A abordagem etnográfica progredirá pela flexibilidade que se pode dispor das técnicas da observação participante, esboçada pela obra de Whyte (1943; 2005) e nas reflexões de Valladares (2005). No entanto, estão sendo utilizados diálogos informais, sem estrutura pré-definida (observação direta) e observação participativa, com diálogos formais, utilizando questionários semi-estruturados e estruturados.

Os temas para a condução dos diálogos são concebidos das bibliografias, mas também da experiência da pesquisa participativa no espaço socioambiental Krahô. Os temas remetem ao kosmos Krahô, a percepção de ambientes, concretos e abstratos, que constituem o território local, ao conhecimento que se tem sobre os mesmos (corpus), e a praxis, que define as intervenções Krahô no solo, no seu espaço-tempo, na natureza.

Os questionários semi-estruturados tendem a discursos subjetivos, livres, sobre um determinado tema (ex. “Fale sobre a roça”). Enquanto os estruturados são específicos, para melhor identificar ou esclarecer as informações que surgirem no discurso anterior, ou seja, tende a respostas objetivas (ex. “Qual terra é a melhor para plantar milho? Por quê?”). O ato de perguntar, de como melhor perguntar, para que as respostas sejam quanto mais legítimas de um processo de diagnóstico participativo, evoluem de acordo com o andamento da pesquisa, da equipe interdisciplinar, os pesquisadores e os Krahô.

Os temas e questionários estão sendo direcionados aos Krahô que se identificam com a pesquisa (que queiram participar). Os quais estão sendo distintos entre informantes interlocutores, informantes interlocutores majoritários e informantes interlocutores majoritários principais. Que são indicados pela comunidade para transmitir para a pesquisa o saber local.

As observações contidas na expressão e comunicação desta pesquisa são registradas como notas, em diário de campo, como gravações de áudio, vídeo e imagem ou como produto da aplicação dos questionários semi-estruturados e estruturados. O registro dos dados está sendo realizado em português e no dialeto local. A escrita e tradução dos dados terão auxílio dos interlocutores, professores bilíngües locais, como também de antropólogos e lingüistas especialistas no dialeto Krahô.



A linguagem, ou o uso da palavra articulada ou escrita será o principal meio de expressão e de comunicação entre os protagonistas desta pesquisa. O objeto ou os aspectos a serem descritos e interpretados do complexo k-c-p tem origem na análise sobre a concepção de significante e significado, das categorias evidenciadas no estudo entre os Krahô. Significante, o conjunto de expressões orais da língua (a forma, a estrutura), e significado, a expressão da língua acerca do mundo, vivido ou possível (o conceito, a noção), em perspectiva aos princípios êmico e ético, propostos por Van Lier (1989) e contextualizados em Wielewicki (2001).

Analisando desde um ponto de vista amplo a um mais restrito, espera-se encontrar nos resultados o melhor esclarecimento possível do que é a natureza na concepção Krahô, quais os conhecimentos, e como esse conhecimento é posto, ou naturalizado.

Espera-se que esta pesquisa, registrando sobre o Krahô na sua natureza, possa contribuir, também, para um “bom uso” (Larrère e Larrère, 1997) da mesma. Haja vista as diversidades e adversidades que as culturas envolvidas podem possuir, sejam para classificar, usar, manejar ou produzir ciência sobre a natureza.

Citando Moreira (2006): “Elucidar a complexidade dessas relações seria, a meu ver, o desafio para a análise contemporânea de comunidades”. Considerando a razão, a lógica, e a ética que envolve esta pesquisa, tem-se a expectativa de uma aproximação coerente. Para todo o processo, estão previstos períodos de permanência nas aldeias de até 120 dias contínuos, de acordo com as lideranças locais.

### **Espaço operacional**

O espaço operacional da pesquisa se refere àquelas aldeias onde as lideranças estão de acordo com o termo de anuência do Macroprograma 6 da Embrapa. Para o registro na tese estão sendo assinaladas as aldeias inseridas no espaço operacional da pesquisa da seguinte forma: aldeia matriz, aquelas onde se concentram as etnografias, a análise do complexo k-c-p, e onde serão realizadas as abordagens comparativas e integrada; e aldeia filial, as que dão suporte para abordagem etnográfica iniciada na aldeia matriz.

Com o fechamento da abordagem etnográfica, mas principalmente, da decisão sobre as categorias locais de pedoambientes, serão selecionadas às áreas de amostragem para a abordagem comparativa. Estas áreas serão aquelas de maior demanda para os Krahô, de acordo com a lógica local de sustentabilidade socioambiental, seja para a caça, a pesca, a coleta ou para a agricultura.

Nessa fase pretende-se traduzir, para melhor compreender, a lógica socioambiental (complexo k-c-p) Krahô. Para isso, a identificação dos atributos, das propriedades e características do solo, por técnicas de coleta, amostragem e análise de pedoambientes da Terra Indígena Krahôlândia. Os parâmetros da investigação são os critérios utilizados pelos Krahô na descrição e distinção dos seus ambientes. Por isso, para que haja correspondência entre os conhecimentos, local e acadêmico, a abordagem etnográfica deve ser rigorosamente cumprida. Contudo, a pesquisa poderá partir de outros princípios de diagnóstico ambiental que não somente os dos Krahô.

As especificações metodológicas estão sendo avaliadas e as áreas de amostragem sendo definidas. Contudo, serão realizados procedimentos e métodos de análises de atributos pedológicos e edáficos, comparações com documentos e métodos de referência, comumente utilizados em Pedologia.

A análise dos resultados deverá estabelecer padrões do saber local, do saber acadêmico, e da correspondência entre ambos, tanto em ambientes específicos quanto dentre ambientes, como observado por Araújo (2007) em estudo com índios Mbya em Ubatuba (SP). Para codificação e comparação, as ‘terras’ serão colacionadas pelos respectivos perfis dos solos e por meio da avaliação da aptidão das terras (Araújo, 2007), adotando como referência o nível de manejo A (primitivo), de acordo com o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho & Beek, 1995), com modificações.

A abordagem integrada, ou a elaboração das estratégias de gestão dos recursos disponíveis da Terra Indígena Krahôlândia será definida a partir dos resultados da etnografia e da correspondência dos conhecimentos envolvidos na pesquisa (local e dos técnicos acadêmicos), da caracterização e análise dos pedoambientes da aldeia matriz do estudo e da demanda de subsistência Krahô. Para que, diante a necessidade de apropriação de novas técnicas, para uso e manejo das categorias ambientais locais, esta aproximação da identidade socioambiental Krahô, pela perspectiva do diagnóstico participativo, para o conhecimento etnopedológico, possa lhes servir.

### Considerações Finais

São diversas as relações que tem sido investigadas nos ambientes naturalizados pelos Krahô, de forma que a apresentação dos resultados é preliminar, até que a abordagem etnográfica seja mais conclusiva. O registro da grafia do dialeto Krahô ainda será objeto de avaliação detalhada.

Até então, as principais categorias de ambientes, *pjêcuneã*, segundo o diagnóstico participativo na terra Indígena Krahôlândia, com o Povo que se identifica como Krahô, são: o *kên*, o *Hakôt*, o *Hituw* e o *Irome*.

O *kên* tem significação nesta pesquisa como sendo as ‘pedras’, os ‘morros’, as ‘serras’; onde também pode ser encontrado o *Pjêtoà*, a ‘terra que segura água’; que tem o *Kên poiti*, um tipo de *Ken*, ‘branco, duro, que quebra’; o mesmo que é utilizado pelos *Hotxuá*, como maquiagem para divertir os participantes na festa, *Amjkin*, da batata doce, *Yat*; que é plantada de setembro a dezembro, no período politicamente dedicado aos do partido do *Wakmeye*, do verão, *Amkà*; e colhida de fevereiro a junho, período dedicado ao partido dos *Katameye*, das chuvas, *Tati*.

O *Hakôt*, as ‘chapadas’, o ‘cerrado’; onde a ‘terra é seca’ (*Amcrà*) no verão; onde se encontra o *Pjênxôw*, ‘areia’; ‘onde se encontra água, *Cô*, se cavar o *pjê*, a terra’;

O *Hituw* significa a ‘baixada’; é dimensionado a partir do *Hatuixà* (fronteira entre o *Hakôt* e o *Hituw*), ‘as cabeceiras dos córregos’, lugar do *Krow* (o buriti – *Mauritia flexuosa*), até o *Irome*.

O *Irome* compreende as ‘florestas’, as ‘matas’, de galeria ou ciliares, ou locais às margens dos cursos d’água perenes; onde se encontra o *Pjêhtycti* (‘terra preta’), *Pjêntepti* (‘terra vermelha’) como também o *Pjêjakati* (‘terra branca’) ou mais, as ‘terras em geral’, *Pjêjiprohti*.

Para exemplificar as possibilidades de correspondência, na descrição de Martins et al. (2001) sobre unidades da paisagem na Terra Indígena Krahôlândia, notadamente sobre as unidades onde ocorrem práticas agrícolas, como a *V* (Tabela 1), menciona-se à correspondência com a categoria *Irome*.

O *Irome*, em geral, ocorre em sedimentos aluvionares, de relevo plano, e solos como o *Neossolo Quartzarênico*, o *Latossolo* e o *Gleissolo*, nas matas de galeria; locais onde são realizadas as práticas agrícolas, as de caça e coleta, com base nas tecnologias locais. Contudo, o *Irome* pode ser subdividido de acordo com suas condições de umidade, e fertilidades, que são dimensionados pelos Krahô também a partir do solo.

De *Pjê*, tem se traduzido terra, ou solo. No *Irome* são cultivados dois tipos de *Pjê*, avaliados pelos Krahô como de boas condições para o plantio: *Pjêhtycti* e *Pjêntepti*, respectivamente, ‘terra preta’ e ‘terra vermelha’. Entretanto, essas categorias do solo segundo os Krahô, detêm diferenças quanto a aptidão agrícola, como nos casos para a produção de arroz (*Orriza sativa*), mandioca (*Manihot esculenta*) e milho (*Zea mays*). Que depende não só dos atributos referente à cor, mas também das condições de umidade, assim como das proporções de ‘areia’ – *Pjênxôw*.

Os Krahô conversam (cantam) com a terra (*pjê*), com o morro (*kên*), com a água (*cô*), com tudo que é visível e invisível para os *Kupen* (“os brancos”). Entretanto, diante a análise preliminar desta fase do trabalho, principalmente o de campo, os animais (*pryré*) tem sido revelados, repetidamente, como o referencial nas conversas com os interlocutores, e mais ainda, com os informantes interlocutores majoritários principais. Mesmo nas conversas sobre a roça (*Pur*), apesar de seu lugar de destaque, não só no aspecto alimentar, mas mítico, o ambiente configurava-se para a caça, como se o local não fosse apenas escolhido pelo potencial de colheita, mas como fonte de caça.

### Propostas Para Avanço No Conhecimento Ou De Ação

Para o avanço do conhecimento sobre o solo, e das ações socioambientais relativas às Terras Indígenas, o estudo dos ambientes naturalizados pelas identidades que ocupam aqueles territórios é essencial; de modo a contribuir para a sua autonomia e para a gestão do espaço que hoje lhes é reservado, de acordo com suas necessidades locais.

Mesmo tendo seu território reduzido para os limites das Terras Indígenas, quando comparado à ocupação pretérita, e a modificação de um sistema de sobrevivência nômade para sedentário, as comunidades indígenas mostram possuir um conhecimento detalhado sobre as terras que dispõem e os ambientes que ocupam. Neste sentido é importante notar o recente decreto federal nº 6040, publicado no Diário Oficial da União no dia 07/02/2007, em que o governo reconhece formalmente, comunidades tradicionais no Brasil, como os indígenas, quilombolas, faxinenses (que plantam erva-mate e criam porcos), comunidade de “fundo de pasto”, geraizeiros (habitantes do sertão), pantaneiros, caiçaras (pescadores do mar), ribeirinhos,



seringueiros, castanheiros, quebradeiras de coco de babaçu, ciganos, dentre outras. Desta atitude se espera fortalecer os métodos participativos de gestão territorial, visto as realidades culturais, sociais e ambientais que estas comunidades vivem na atualidade.

### Agradecimentos

Esta apresentação também é dedicada aos esforços e experiências de professores e alunos da UFRRJ, no desenvolvimento de pesquisas sobre os significados e correlações de categorias como Natureza e Sociedade. Em especial, nos cursos de pós-graduação: Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade (CPDA) e de Agronomia – Ciência do Solo (CPGA – CS).

A todos os colaboradores, nossos agradecimentos. Ympej!

### Referências Bibliográficas

ARAÚJO, J.C. de L. Atributos do solo na interpretação do conhecimento de índios Mbya sobre a terra para agricultura. 2007. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

BARRERA-BASSOLS, N.; ZINCK, J.A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. In: Winkler Prins, A.M.G.A. & Sandor, J.A., eds. Ethnopedology. Geoderma, 111: 171-195, 2003.

CARIA, T.H. A construção etnográfica do conhecimento em Ciências Sociais: reflexividade e fronteiras. In T. Caria (org.). Experiência Etnográfica em Ciências Sociais. Porto, Afrontamento, p. 9-20. 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2a. ed. 212p. Rio de Janeiro, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306 p., 2006.

FREIRE, O. Solos das regiões tropicais, Botucatu: FEPAF, 2006, 268 p.

FUNAI. Terra Indígena; dados gerais; resumo histórico; situação atual.

<http://www.funai.gov.br/mapas/fundiario/to/to-kraolandia.htm>. Último acesso em 26/11/2007.

GUERRA, E.F. Organização Política e Segurança Alimentar na Sociedade Kraho. 2004. 168f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Universidade Federal de Uberlândia. 2004.

LARRÈRE, C.; LARRÈRE, R. Do Bom Uso da Natureza – por uma filosofia do meio ambiente. Lisboa: Editora do Instituto Piaget, S/D. 348 p. 1997.

MARTINS, E.S.; REATTO, A.; ANDRADE, L.R.M. de; RODRIGUES, L. M. R.; CARDOSO, A.; MENDES, I.C. Relationship between landscape and land use at Indigenous people Kraho's village, Brazil. In: III International Congress of Ethnobotany. 2001. Nápole, Itália. Volume of Abstract of the III International Congress of Ethnobotany. Nápole: University of Naples, v. 1. p. 21-21, 2001.

MELATTI, J.C. O messianismo Kraho. São Paulo: Ed. USP (Antropologia e Sociologia). 140 p. 1972.

MISTRY, J., BERARDI, A., ANDRADE, V., KRAHÔ, T., KRAHÔ, P., LEONARDS, O. Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: The case of the Kraho of Tocantins. Human Ecology, 33 (3) 365-386. 2004.



- MOREIRA, R.J. Identidades Complexas no Pensamento Científico sobre Comunidades Costeiras. In: PRESNO AMODEO, N.B.; ALIMONDA, H.. (Org.). Ruralidades: capacitação e desenvolvimento. 1 ed. Viçosa: UFV. v. 1, p. 177-199. 2006.
- ORTIZ-SOLORIO, C.A. & GUTIERREZ-CASTORENA, M.C. La etnoedafologia en Mexico, una vision retrospectiva. Rev. Etnobiologia, n. 1, 44–62, 2001.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3ª edição. EMBRAPA-CNPS, Rio de Janeiro. 65p. 1995.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 5. ed. Viçosa-MG: Folha de Viçosa Ltda., v. 1. 100 p. 2005.
- TOLEDO, V.M. What is ethnoecology? Origins, scope and implications of a rising discipline. Ethnoecology, 1:5-21, 1992.
- VALLADARES, L. Os dez mandamentos da observação participante. Rev. Bras. Ci. Soc., vol.22, no.63, p.153-155. 2007.
- VAN LIER, L. Ethnography: bandaid, bandwagon, or contraband? In: BRUMFIT, C.; MITCHEL, R. (Ed.). Research in the language classroom. Exmouth: Modern English, The British Council, p. 33-53.1989.
- WILLIAMS, B.J.; ORTIZ-SOLORIO C.A. Middle American folk soil taxonomy. Annals of the Association of American Geographers, v.71(3): 335-358. 1981.
- WHYTE, W.F. Sociedade de esquina. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor. 390pp. 2005 [1943].
- WIELEWICKI, V.H.G. A pesquisa etnográfica como construção discursiva. Acta Scientiarum, Maringá, 23(1):27-32, 2001.



## Popularização das Ciências da Terra como Estratégia para Conservação de Solo e Água: O Caso do Estado do Rio de Janeiro

Kátia Leite Mansur<sup>(1)</sup>

(1) Geóloga do DRM-RJ - Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Rua Marechal Deodoro, 351 - Centro - Niterói, RJ, CEP 24030-060, [kmansur@drm.rj.gov.br](mailto:kmansur@drm.rj.gov.br)

**RESUMO:** A popularização da ciência no Brasil tem avançado, porém lentamente. Projetos de pesquisadores de universidades, centros de pesquisa e organismos governamentais, principalmente, vêm buscando transmitir mensagens com conteúdo científico para o público leigo. O Projeto Caminhos Geológicos do Estado do Rio de Janeiro tem, entre outros, o objetivo de divulgar o conhecimento científico sobre a geologia, como forma de promover a geoconservação. O projeto se materializa por meio de painéis interpretativos, implantados em locais de fácil acesso ao usuário. Entre os anos de 2003 e 2007, o DRM-RJ - Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro, em projeto sob coordenação geral da Embrapa-Solos, realizou uma experiência inovadora: apoiar o programa de percepção ambiental dirigido aos estudantes de São José de Ubá, com foco na conservação de solo e água, e transformar essa visão em painéis interpretativos.

**Palavras-chave:** Divulgação Científica, Vulgarização da Ciência, Projeto Caminhos Geológicos

### Introdução

O termo vulgarização científica é derivado do francês, enquanto a denominação popularização tem uso preponderante na língua inglesa. No Brasil difusão, disseminação e divulgação também são utilizados. Independente da opção, todos querem atingir o mesmo objetivo: transmitir uma mensagem com conteúdo científico, por meio da decodificação dos termos pouco usuais para uma linguagem acessível ao público leigo. Busca-se, portanto, alcançar o maior número de pessoas.

Segundo Candotti (2002), educar e prestar contas do que se estuda e investiga é imperativo e fundamental nas sociedades democráticas. Este conceito, associado a que a livre circulação das idéias e resultados de pesquisas é fundamental para o próprio avanço da ciência, são alguns dos pressupostos contidos na "Declaração sobre a ciência e o uso do conhecimento" que a UNESCO preparou para a conferência mundial sobre a ciência, realizada em Budapeste, em junho de 1999. O mesmo autor mostra preocupação quanto à resistência dos próprios pesquisadores em promover a circulação veloz dos conhecimentos, por temerem a imprecisão e a rapidez com que pode se difundir.

Alguns autores não vêem perspectivas de entendimento dos temas científicos por parte da população, mas todos têm acordo que é fundamental que não se faça concessão ao rigor dos conceitos. Outros acreditam que o leigo perspicaz e inteligente não é um mito e que existem aos milhões (Gould, 1992). Almeida (1931, *in* Massarani, 1998) identificou que é importante que as pessoas se mantenham o máximo possível em contato com a ciência. Mesmo que elas não assimilem os conceitos específicos, será fixada uma mentalidade coletiva associada à ciência.

Massarani et al. (2002) são da opinião que "Muitas iniciativas ligadas à divulgação da ciência têm despontado no Brasil nas últimas duas décadas. Novos centros e museus de ciência foram criados, livros e revistas foram publicados em número crescente, conferências públicas e eventos divulgativos se espalharam pelas principais cidades do país, temas da biotecnologia moderna galvanizaram interesse em jornais e na TV... Apesar desse esforço, estamos ainda longe de uma divulgação científica de qualidade e que atinja amplos setores da população brasileira; um caminho longo e tortuoso ainda está por ser percorrido. Do ponto de vista da formação de profissionais na área de comunicação em ciência, as iniciativas são incipientes e o quadro se mostra ainda bastante frágil do lado das análises e reflexões teóricas sobre as atividades de divulgação. Frequentemente, a divulgação científica é vista e praticada ou como uma atividade voltada sobretudo para o marketing científico de instituições, grupos e indivíduos ou como uma empreitada missionária de "alfabetização" de um público encarado como um receptáculo desprovido de conteúdo. Entre os desafios permanentes, estão a análise do papel, dos rumos, das estratégias e das práticas da divulgação científica e o entendimento das relações entre ciência e público e da inserção cultural da ciência." (pág. 9)



Se para a ciência em geral a divulgação para a sociedade enfrenta problemas, maiores ainda são os obstáculos para a disseminação de conceitos geológicos, em geral restritos aos meios acadêmicos. Uceda (1996) constata que, até na Espanha, onde o inventário de sítios geológicos iniciou-se em 1978, o Patrimônio Geológico tem recebido menor atenção do que outros tipos de patrimônio, elencando duas causas principais: (a) desinteresse dos geólogos, que têm sua atuação mais centrada na prospecção de recursos minerais, energéticos e hídricos ou em obras públicas, o que só recentemente vem mudando pela maior integração com os temas ambientais; e (b) a maioria das pessoas tem mais interesse pelos seres vivos do que pelos “elementos inertes” do meio natural e porque o componente geológico requer maior abstração para seu entendimento, em especial quanto ao tempo envolvido (bilhões e milhões de anos). Mondéjar (2007) informa que este quadro permanece ainda hoje e credita o problema a uma falha no sistema educacional.

Em países da Europa e nos EUA os monumentos geológicos são preservados e transformados em museus ao ar livre com a colocação de painéis interpretativos sobre sua evolução. As rodovias são sinalizadas e roteiros estão disponíveis em pontos de venda diversos, permitindo que se percorra trajetos cuja história geológica está disponível (Schmitt & Mansur, 2000). No Brasil as iniciativas para popularização da geologia e preservação do Patrimônio Geológico são pontuais e descontínuas.

A iniciativa pioneira de promover a divulgação da geologia de todo um Estado veio através do Projeto Caminhos Geológicos, inaugurado em 2001 pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ). O objetivo do projeto é o de promover a difusão do conhecimento geológico do Estado do Rio de Janeiro como base para a preservação de seus monumentos naturais, verdadeiro patrimônio de todos os cidadãos (Mansur & Erthal, 2003). Como Serviço Geológico Estadual, o DRM-RJ buscou nas universidades e centros de pesquisa o apoio científico para levar à sociedade o entendimento da evolução geológica do estado, como forma de ampliar as noções de respeito pela natureza. O projeto materializa-se por meio de painéis interpretativos em linguagem simples e direta colocados em locais de fácil acesso aos usuários e em ponto de boa observação dos monumentos sinalizados. Já foram implantados 67 painéis em 26 dos 92 municípios fluminenses. Tem caráter educativo, científico, turístico e ecológico.

Instituições públicas e/ou entidades técnico-científicas do Paraná, Bahia, Rio Grande do Norte e Minas Gerais já implantaram projetos semelhantes. Outros estados, como São Paulo, estão organizando os seus.

Os resultados já obtidos com o Projeto Caminhos Geológicos têm demonstrado que é possível uma aproximação verdadeira com a sociedade e embasam a afirmação de que a geologia possui apelo suficiente para atrair interesses de diferentes grupos, tanto em faixa etária quanto em condições sócio-econômicas. A receptividade e interação com as pessoas dos locais onde os painéis foram implantados é uma realidade e esta relação é fundamental para se promover a Geoconservação.

Credita-se esta ligação do homem com a rocha ao que se convencionou chamar de Paisagem Cultural, definida na "Carta de Bagé", aprovada durante a "Semana do Patrimônio – Cultura e Memória na Fronteira", em 2007, como o meio natural ao qual o ser humano imprimiu as marcas de suas ações e formas de expressão, resultando em uma soma de todas as testemunhas resultantes da interação do homem com a natureza e, reciprocamente, da natureza com homem, passíveis de leituras espaciais e temporais. Este, conceito vem sendo promovido pela UNESCO para dar conta da proteção de sítios com interesses locais, regionais ou nacional, em contraponto aos conceitos de patrimônio natural ou cultural que pressupõem a existência de sítios com valores excepcionais do ponto de vista mundial, conforme consta da Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural da UNESCO (1972). Um dos melhores exemplos para entender este conceito é a relação evidente entre a paisagem do Rio de Janeiro e sua população

### **O Projeto "PRODETAB Aquíferos"**

O equilíbrio dos sistemas hídricos, essencial para a sustentabilidade e competitividade do setor agrícola brasileiro, é prejudicado pelo uso e manejo inadequados das terras, gerando perdas significativas de solo, matéria orgânica, nutrientes, biodiversidade e, em especial, de água (Freitas et al., 2005).

Com base nesta constatação, foi elaborado e executado o projeto “Planejamento Conservacionista das Terras e Modelagem Preditiva de Sistemas Aquíferos do Cristalino para a Recarga Hídrica em Bacias Hidrográficas de Relevo Acidentado”, financiado pelo Banco Mundial/PRODETAB. Foi escolhida como área piloto a Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – BHRSD (afluente do rio Muriaé, Complexo Hidrográfico do Rio Paraíba do Sul). A BHRSD ocupa uma superfície de 279 km<sup>2</sup>, quase coincidente em





área com o município de São José de Ubá, no Estado do Rio de Janeiro. A escolha desta bacia deu-se em face da forte pressão de uso existente, em particular pelas plantações de tomate e pastagens, e pelo fato da região ser periodicamente castigada por longas estiagens, ocasiões em que a maioria dos rios seca e a água subterrânea torna-se a alternativa para os diversos usos.

O projeto, sob coordenação geral da Embrapa-Solos e executado com a parceria do DRM-RJ, UFRJ, UERJ, ON, PUC-Rio, EMATER-RJ, INT, FEEMA, Prefeitura, entre outras instituições, teve como objetivo geral proporcionar diretrizes para a otimização da recarga do sistema hídrico da BHRSD, buscando maximizar a infiltração e a retenção da água por meio do planejamento integrado do uso e manejo dos recursos naturais.

Ao fim do projeto, em 2007, foram disponibilizados para a Prefeitura Municipal, escolas e produtores rurais, diversos resultados relacionados à qualidade e quantidade da água na BHRSD, tecnologia para produção de tomates sem resíduos de defensivos e com gasto mínimo de água, mapas de favorabilidade hidrogeológica e de vulnerabilidade da água subterrânea à poluição, cadernos interativos publicados, professores e alunos treinados, diagnóstico sócio-econômico do município, mapa de uso e ocupação das terras, entre outros. Todo este material se configura como ferramenta essencial e necessária para a gestão territorial.

### **Ações de Percepção Ambiental Vinculadas ao Projeto**

Entre as várias ações executadas durante a execução do projeto, entre 2003 e 2007, especial destaque deve ser dado àquelas relacionadas à promoção da percepção ambiental com professores e alunos em todas as escolas do município. Com a intenção de proporcionar uma tomada de consciência sobre o ambiente, foram realizados treinamento com os professores e oficinas e palestras com os alunos. O aprendizado dos conceitos foi reforçado pela produção de dois cadernos interativos "Se esse rio fosse meu..." (Talarico, 2004) e "Minha terra, meu futuro" (Talarico et al., 2005), para a segunda e quarta séries, respectivamente. Os professores aplicaram os cadernos durante o ano letivo nas 12 escolas do município. Em 2004, ao fim do primeiro ano de aplicação do livro "Se esse rio fosse meu" foi realizado um concurso de desenhos e redações (Freitas, 2004) entre os alunos de todas as escolas. Cerca de 200 desenhos foram produzidos.

Para os alunos do ensino médio, foi realizado treinamento sobre qualidade da água e técnicas de monitoramento (Prado et al., 2005) utilizando-se *kits* comercializados pela Fundação SOS Mata Atlântica, acrescidos de um medidor de nível d'água simplificado, produzido pelos técnicos do DRM-RJ para utilização em poços domésticos. Este programa, denominado "SOS Nossas Águas" teve logomarca desenvolvida pelos próprios alunos e proporcionou uma visita dos participantes e professores responsáveis ao Parque Estadual do Desengano, em Santa Maria Madalena, onde os adolescentes puderam ter contato com uma área de Mata Atlântica nativa, com uma grande produção de água em nascentes preservadas.

Com os produtores rurais (Capeche et al., 2006) foram utilizados métodos já consagrados nos trabalhos da Embrapa como a implantação de Unidade de Pesquisa Participativa e Demonstrativa - UPEPADE, realização de "Dias de campo" e seminários, além de participação em feiras e eventos agropecuários.

### **O Projeto Caminhos Geológicos nas Escolas de São José de Ubá**

A promoção da educação ambiental é parte importante do escopo do Projeto Caminhos Geológicos (Mansur & Nascimento, 2007). Em São José de Ubá foi possível trabalhar os conceitos de geologia e hidrogeologia relacionados à conservação de solo e água e à proteção ambiental em geral, com a participação direta das crianças. Isto foi feito, principalmente, por meio dos resultados obtidos pela aplicação dos cadernos interativos produzidos especialmente para a BHRSD e disseminados nas escolas com o apoio da Secretaria Municipal de Educação e dedicação dos 45 professores dos quase 700 alunos do ensino fundamental.

Da análise dos desenhos e redações feitos pelos alunos de 1ª a 4ª séries, em 2004, foi possível identificar o alto grau de absorção dos conceitos ambientais repassados em sala de aula. O DRM-RJ assumiu a responsabilidade de transformá-los em painéis do Projeto Caminhos Geológicos. Todos os painéis do projeto podem ser conhecidos na íntegra no endereço eletrônico [www.drm.rj.gov.br](http://www.drm.rj.gov.br).

Identificou-se que os muitos desenhos de cada escola apresentavam uma certa coerência e unidade, permitindo-se concluir que deviam expressar o trabalho direto do professor. Com isto, foi possível



estabelecer um tema de painel para cada escola (Mansur et al., 2005). Como forma de criar um vínculo com o projeto, a própria escola foi denominada de Ponto de Interesse Geológico no título principal e para cada tema, escolhido a partir da análise dos desenhos, foi desenvolvido um subtítulo.

Os painéis foram implantados na parede das escolas, em geral na área de maior convivência dos alunos, como próximo ao pátio e refeitório, escolhido em conjunto com professores e direção. Foram elaborados em chapas de ferro galvanizado, sobre a qual é colocada plotagem em alta resolução, que utiliza tinta com proteção UV e impressa em material adesivo. Sobre o conjunto foi colocada moldura em madeira.

Em todos os painéis foi colocado um mapa de localização da escola no município e de São José de Ubá no Estado do Rio de Janeiro. A função e forma de conversão da escala de centímetros em quilômetros é também apresentada. Todos os desenhos utilizados possuem legenda com o nome do aluno, série e professor.

Os subtítulos foram escolhidos de forma a chamar a atenção pelo uso de frases facilmente reconhecíveis, como ditados populares, títulos de livros, poesias e músicas, além de enunciados científicos, conforme listado a seguir. Além da aprendizagem relacionada ao conteúdo dos painéis, os alunos são estimulados à leitura e ao estudo de química, matemática, etc. Todos os painéis foram implantados em 2005 (Fig. 1).

a) Ponto de Interesse Geológico: Colégio Estadual Moacir Gomes de Azevedo - O tempo não pára... - o tema Tempo Geológico foi abordado porque os desenhos dos alunos mostravam diversos momentos da ocupação do lugar, desde o ambiente natural até a cidade. Optou-se por mostrar a lenta evolução do planeta até o aparecimento do homem.

b) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Antônio José Curty - No meio do caminho tinha uma pedra... - muitos dos estudantes dessa escola apresentaram desenhos na forma de mapas. Sendo assim, utilizou-se o tema Mapa Geológico para o painel, explicando-se como é feito, para que serve e o que é representado num mapa deste tipo.

c) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Afonso Batista Pinto - O rio sempre corre para o mar - é explicado o trabalho construtivo e destrutivo dos rios, produzindo os diferentes tipos de vales.

d) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Antônio Gomes da Silva - De grão em grão a galinha enche o papo - é apresentado o processo de formação da paisagem, em particular pela desagregação das rochas nos maciços montanhosos e acumulação no leito dos rios, principal característica do córrego que corta a comunidade rural do Colosso, onde se localiza essa escola.

e) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Antônio Paula Silva - Um por todos e todos por um! - utilizando-se do lema dos Três Mosqueteiros, buscou-se explicar o papel dos minerais na formação das rochas.

f) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Fazenda Campo Grande - Numa folha qualquer eu desenho um sol amarelo... - este painel trata do sistema solar e ressalta a importância do sol para o ambiente da Terra. O Sol, como motor do Ciclo Hidrológico, está presente em todos os desenhos da escola.

g) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal José Ivo Ribeiro da Silva - Chegamos ao fundo o poço... - são explicados os poços tubulares, as cacimbas ou poços domésticos e a qualidade da água. O poço da escola aparece em desenhos dos alunos.

h) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Maria Ramos de Azevedo - Quem semeia vento colhe tempestade - mostra como a natureza reage às alterações produzidas pelo homem. Também é trabalhado o conceito da interação entre a água superficial e a subterrânea.

i) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Panelão - Viagem ao Centro da Terra - são abordados alguns conceitos relacionados à Tectônica de Placas e sobre como esta teoria unificadora explica a origem das rochas de São José de Ubá.

j) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Pedro Teixeira de Siqueira - Água mole em pedra dura... - são apresentados os processos de intemperismo, erosão e assoreamento, explicados de forma graciosa pelo desenho que os professores e os alunos da turma da alfabetização produziram.

l) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Ponte Preta - Na natureza nada se perde, nada se cria, apenas se transforma - com o enunciado da Lei da Conservação da Massa, ou Lei de Lavoisier, busca-se explicar o Ciclo Hidrológico, mostrando como a água passa de um estado a outro.

m) Ponto de Interesse Geológico: Escola Municipal Vovó Laura Espíndola Ferreira - Tem gato escondido com o rabo de fora! - este painel trata da contaminação da água subterrânea que nem sempre é percebida. No trabalho dos alunos, observa-se a preocupação em fazer alguma coisa contra a poluição das águas.



**Figura 1.** Fotos dos painéis implantados, desenhos elaborados pelos alunos e evento de encerramento dos trabalhos em 2005.



### **Considerações Finais e Conclusões**

O Projeto Caminhos Geológicos se adequou totalmente quando utilizado no meio rural e ao espaço escolar. A necessidade de manutenção tem sido nula porque todos os painéis de São José de Ubá encontram-se em perfeito estado de conservação, diferente de muitos outros que vem sofrendo com o vandalismo nas cidades maiores e áreas turísticas.

A geologia e outras ciências da Terra foram muito bem entendidas, demonstrando que os conceitos podem ser perfeitamente absorvidas pelas crianças e adolescentes. Ficou claro que ocorreu a conscientização para a conservação de solo e água, atingindo plenamente o objetivo de promoção da percepção ambiental para o território municipal.

Neste contexto deve-se trazer para a discussão, a importância do ensino das ciências da Terra nos ciclos fundamental e médio de uma forma diferente do que hoje é feito, quando a geologia é apresentada de forma desconectada do contexto da matéria, recebendo mínimo destaque em matérias como Ciências e Geografia, na 5a. série do ensino fundamental e 1º ano do ensino médio. Na ausência de conceitos básicos aprendidos na escola, a divulgação científica passa a ser mais difícil de ser feita. Torna-se pouco atraente e assunto para alguns privilegiados.

A metodologia de uso de painéis interpretativos pode, ainda, ser expandida para outro público-alvo, os produtores rurais. Sendo assim, acredita-se que os mapas de vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas, os dados de qualidade da água e os resultados dos trabalhos desenvolvido na UPEPADE, por exemplo, poderiam ser divulgados em painéis colocados no mercado do produtor municipal, onde os tomates produzidos na região são distribuídos para o país. Assim, os resultados do projeto poderiam ser publicados em linguagem apropriada e de forma atrativa para a população em geral e os produtores em particular.

### **Referências Bibliográficas**

CANDOTTI, E. Ciência na educação popular. In: MASSARANI, L., MOREIRA, I.C., BRITO, F. Ciência e Público. Caminhos da divulgação científica no Brasil. 1a. ed., Série Terra Incógnita, v. 1, Rio de Janeiro, Casa da Ciência, UFRJ, 2002, p. 15 - 23.

CAPECHE, C.L., PRADO, R.B., MANSUR, K.L. PIMENTA, T.S., FREITAS, P.L., TALARICO, T.E., FIDALGO, E.C.C., MACEDO, J.R., BHERING, S.B. Atividades de percepção ambiental desenvolvidas pelo Projeto Aquíferos em São José de Ubá – Rio de Janeiro. In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO PRODETAB AQUÍFEROS, 2006, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 1 CD-ROM.

FREITAS, P.L. Curso de Educação Ambiental para Professores do Ensino Fundamental. Versão 2004. RELATÓRIO FINAL. Embrapa Solos. 2004. 31p.

FREITAS, P.L., FIDALGO, E.C.C., MANSUR, K.L., BENITES, V.M., FERNANDES, N.F. Uma proposta de planejamento conservacionista das terras e modelagem preditiva de sistemas aquíferos do cristalino. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, IX, Niterói, 2005. Anais. Niterói, Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, p. 112.

GOULD, S.J. Viva o Brontossauro. Reflexões sobre História Natural. 1a. ed., São Paulo, Companhia das Letras, 1992. 523p.

MANSUR, K.L., CARVALHO, I.S., DELPHIM, C.F.M., BARROSO, E.V. O Gnaisse Facoidal e a Cidade do Rio de Janeiro: um Caso Clássico de Paisagem Cultural. In: Conferência Internacional “As Geociências no Desenvolvimento das Comunidades Lusófonas”. Universidade de Coimbra, Portugal, 2008. 4p.(no prelo).



MANSUR, K.L., ERTHAL, F.L.C. Preservação do Patrimônio Natural – Desdobramentos do Projeto Caminhos Geológicos – RJ. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, VIII, São Pedro, 2003. Anais. São Pedro, Sociedade Brasileira de Geologia, 2003, p.235 .

MANSUR, K.L., FREITAS, P.L., TALARICO, T.E., CAPECHE, C.L., GUEDES, E., GUIMARÃES, P.V., MEDEIROS, F. Projeto Caminhos Geológicos nas escolas: o caso de São José de Ubá - RJ. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, IX, Niterói, 2005. Anais. Niterói, Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, p. 207.

MANSUR, K.L., NASCIMENTO, V.M.R. Disseminação do conhecimento geológico: metodologia aplicada ao Projeto Caminhos Geológicos. In: I SIMPÓSIO DE PESQUISA EM ENSINO E HISTÓRIA DE CIÊNCIAS DA TERRA e III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE ENSINO DE GEOLOGIA NO BRASIL. 2007, Campinas. Anais... Campinas, UNICAMP, 2007. 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/simposioensino/artigos/025.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2008.

MASSARANI, L. A divulgação científica no Rio de Janeiro: Algumas reflexões sobre a década de 20. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, UFRJ-IBICT, 1998.177p.

MASSARANI, L., MOREIRA, I.C., BRITO, F. Ciência e Público. Caminhos da divulgação científica no Brasil. 1a. ed., Série Terra Incógnita, v. 1, Rio de Janeiro, Casa da Ciência, UFRJ, 2002. 232p.

MONDÉJAR, F.G. El Patrimonio Geológico: Cultura Social y Ordenación del Territorio. In: PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE GEOLOGIA Y MINERIA EM LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y EM EL DESAROLLO. Utrillas, 2007. Librillo Preliminar de Actas. Utrillas, SEDPGYM. 2007, p. 6-7.

PRADO, R.B., CAPECHE, C.L., PIMENTA, T.S. Capacitação para o Programa de Educação Ambiental: monitoramento da qualidade da água utilizando kits, na bacia hidrográfica do rio São Domingos –RJ. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Série Documentos, 74. 2005. 44p.

SCHMITT, R.S., MANSUR, K.L. Projeto Caminhos Geológicos. Texto inédito. Niterói. DRM-RJ. 2000. 11p.

TALARICO, T.E. Se esse Rio fosse meu.... Caderno Interativo de Educação Ambiental (Ensino Fundamental - Ciclos I e II). Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 54 p..

TALARICO, T.E., FREITAS, P.L. CAPECHE, C.L., MANZATTO, C.V., FIDALGO, E.C.C., SILVA JUNIOR, G.C. DA, MENEZES, J., MANSUR, K.L., SILVA, L.P. DA, PRADO, R.B., FERRAZ, R.P.D. Minha terra, meu futuro: Educação Ambiental: Ensino Fundamental - Ciclo II. Editores. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 104 p.

UCEDA, A.C. El Patrimonio Geologico. Ideas para su Protección, Conservación y Utilización. In: MOPTMA - Min. Obr. Públ. Tranp. Med. Amb. El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Madrid. 1996. p.17-27.

UNESCO. Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural. Paris, UNESCO. 1972. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001333/133369por.pdf>>. Acesso em 18 mar. 2008.

UNESCO. Declaração Sobre a Ciência e o Uso do Conhecimento. Budapeste, UNESCO. 1999. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br>>. Acesso em 03 abr. 2008



## Políticas Públicas, Preservação e Desenvolvimento do Setor Agropecuário - Uma experiência em Petrópolis – RJ

Átila Torres Calvente<sup>(1)</sup>, Leonardo Ciuffo Faver<sup>(2)</sup>

(1) Diretor de Desenvolvimento Agropecuário do Município de Petrópolis,

(2) Secretário de Agricultura, Abastecimento e Produção de Petrópolis

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo apresentar uma experiência de organização de políticas públicas para o desenvolvimento do setor agropecuário, do município de Petrópolis, durante o período 2006/2008, na Secretaria de Agricultura Abastecimento e Produção, órgão que faz parte da estrutura organizacional da Prefeitura local.

Os autores deste texto estão com a responsabilidade atual de estabelecerem um programa/plano de trabalho orientando as ações, projetos e atividades da Secretaria visando ao crescimento sustentável do setor, buscando democratizar o processo de decisão sobre a definição das prioridades e o estímulo a uma vertente educacional voltada para a preservação do meio ambiente rural e urbano.

A mobilização popular, a construção da confiança e a relação dos instrumentos das políticas públicas com a natureza das ações e projetos envolvem uma transposição de um arcabouço teórico num ambiente produtivo, público e privado, onde convergem e divergem., entre os diversos atores da realidade local quatro lógicas distintas, denominadas racionalidades de decisão – a ética, a política, a econômica e a tecnológica. Neste cenário os autores procuram descrever suas preocupações e prioridades visando um esforço direcionado para a melhoria de vida do homem do campo e o desenvolvimento local, incentivando e contribuindo para a estabilidade social, a preservação da biodiversidade e a recuperação dos passivos ambientais do campo petropolitano.

Os autores procuram neste trabalho, também com essa experiência concreta de gestão pública, reavaliar e rever os projetos/atividades que fazem parte do plano/programa de trabalho original, no sentido de dar ainda maior consistência às ações que foram implementadas até o presente momento.

A base teórica procura reunir pensamentos, idéias e conceitos básicos compreendendo em primeiro lugar que o processo de desenvolvimento é um fenômeno de transformações de natureza multidimensional abrangendo a ética, o social, o econômico e o cultural. Nossa hipótese é que este processo deve ser conduzido sempre através, do máximo de mobilização popular, das relações de confiança entre população, instituições públicas e privadas.

**Palavras Chaves:** Educação, ecologia, sustentabilidade local

### Introdução

Este texto procura descrever um processo de concepção, organização e implementação de políticas públicas para o desenvolvimento do setor agropecuário do município de Petrópolis no estado do Rio de Janeiro no período 2006/2008. O foco do trabalho foi direcionado para estimular o crescimento da produção, da renda e de formas de difusão de práticas agrícolas mais responsáveis ou equilibradas que pudessem ser assimiladas pelo nosso agricultor e abrir maiores perspectivas para o desenvolvimento da agricultura orgânica e/ou dos sistemas agroecológicos, além de contribuir para a modernização de canais de comercialização. Em uma palavra imaginamos que as ações delineadas deveriam e devem ter um único objetivo - a ampliação da qualidade de vida e dos horizontes das famílias do homem do campo.

Buscamos incorporar, discutir e difundir junto ao governo municipal e a diversos segmentos da população local também idéias fundamentais para o desenvolvimento humano, a preservação do meio ambiente, a educação ecológica, a preservação da biodiversidade, a recuperação de passivos ambientais e a preservação dos recursos hídricos. Na verdade tínhamos muito claro o sentido de unir ciência, política, economia e ética num projeto de governo voltado para os interesses reais da população local e imaginávamos poder introduzir isso na essência dos projetos e ações. Talvez todo o processo de ética do desenvolvimento, ou talvez melhor dizendo, desenvolvimento com ética, pudesse ser otimizado e os recursos melhor alocados, não fosse ainda a dificuldade de articular as diferenças, os interesses e os objetivos divergentes de pessoas e instituições. Aprendemos algo muito importante, que no processo de



implementação de políticas públicas ninguém faz nada sozinho e muitas das vezes mesmo sabendo o que fazer, em determinados momentos “só podemos fazer o possível”.

Procuramos ressaltar neste breve relato alguns projetos de suporte ao desenvolvimento do setor agropecuário do município de Petrópolis, contribuindo também para, a formação e a consolidação, em crianças de escolas públicas de nosso município, de valores de maior respeito ao meio ambiente local, de uma postura mais pró-ativa e produtiva na vida pessoal, o incentivo às práticas agrícolas mais sustentáveis e/ou orgânicas, o estímulo à implantação e manutenção de ações de educação ecológica, de hortas orgânicas e da agricultura urbana; ressaltando-se a importância de uma visão mais abrangente sobre a vida e de uma alimentação/nutrição saudável.

Em nossa percepção o ponto de partida para a definição de prioridades para a implementação de políticas públicas consistentes, envolve, em primeiro lugar, uma tomada de consciência sobre a inter-relação entre alguns problemas existentes em todos os municípios de médio porte no Brasil. Podemos resumir alguns desses problemas e lembrar de início, a existência, de aproximadamente vinte por cento da população em estado de muita pobreza e/ou em risco social, outros quarenta por cento de baixa renda; grandes desigualdades sociais e econômicas; do meio ambiente poluído, degradado ou esgarçado nas periferias urbanas e rurais; de práticas agrícolas insustentáveis no médio e longo prazo; de crescente erosão e degradação dos solos, de crescente desmatamento e poluição dos entornos de nascentes, córregos e rios; e de informalidade, desemprego estrutural ou quase crônico (Diversas publicações do IBGE e IPEA; Goulet, 1999; Arbix e Abramovay, 2001).

Em nossa realidade local verificamos que as pessoas no campo precisam de muito apoio, pois o Brasil “virou as costas, durante muito tempo, para o homem humilde e trabalhador” que produz, com dificuldade, o alimento para o homem urbano. Streeten escreve que “devem ser pensadas formas de reduzir a crescente insegurança que afeta a vida das pessoas, resultante de uma combinação de desemprego, condições precárias de trabalho, pobreza, desigualdade, marginalização e exclusão com a redução dos gastos públicos em serviços sociais” (Streeten, in Arbix e Abramovay, 2001, p. 150). No mesmo livro, Ignacy Sachs cita uma frase de Jean Paul Sartre que diz o seguinte - “o desenvolvimento repousa, em grande medida, na capacidade cultural das pessoas de inventarem seu próprio futuro” (p.161). Essa vertente de pensamento desafia o poder de reflexão e a nossa criatividade, na transposição de um processo de desenvolvimento mais autêntico e de uma teoria mais pluralista e independente para a prática que contribua para o desenvolvimento substancial (Söderbaum, 2000, p. 18-21).

Precisamos, sem dúvida alguma, produzir e melhor distribuir a riqueza preservando os recursos naturais para as futuras gerações. Por isso pode-se observar em nosso trabalho uma direção muito forte no sentido da preservação da vida, da busca de uma educação de qualidade para as crianças, do manejo dos solos, da conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade local. Imaginamos sabermos distinguir muito bem as diferenças entre políticas de crescimento econômico das de desenvolvimento humano, como que elemento catalisador de nossas propostas.

Ao nível local observamos de perto grande parte da população ainda alienada e despreparada para enfrentar as conseqüências da diversificação, da velocidade e da dimensão das atividades produtivas, do pensamento utilitarista, da difusão das crenças consumistas, do volume de lixo decorrente dos padrões e estilos de consumo, das taxas de conversão ambiental e do aumento da população humana, num ritmo bastante intenso, nos últimos duzentos anos, que têm contribuído, simultaneamente, para a acelerada perda de biodiversidade no Brasil e na Terra (Swanson, 1998; Mol and Sonnenfeld, 2000). Percebe-se assim que é preciso fazer algo além dos estudos que identificam a crise ambiental com a crise econômica de uma forma bem objetiva - “the crisis of the environment is basically an economic problem. This is more or less openly confirmed by the analyses on the subject, drawn up with growing frequency by the United Nations, the World bank, the WWF and international scientific conferences” (Ravaioli, 1995, p. 1).

Pela natureza desse trabalho e mesmo enfrentando enormes dificuldades e obstáculos os autores fazem um balanço quase otimista das possibilidades de expansão do nível de consciência da população local, de famílias de agricultores, de feirantes, de professoras e de alunos das escolas públicas do ensino fundamental sobre os princípios da irreversibilidade, da precaução e do conflito inter-geracional. Não podemos mais pensar, em hipótese alguma, exclusivamente em produção, produtivismo, produtividade, mercado e lucro, na utilização constante de venenos, agrotóxicos, defensivos e desperdício hídrico. Por isso sempre lembramos nesses encontros que o total de espécies biológicas existentes não pode ainda ser estimado de forma correta.



Este texto não tem por objetivo nem explicitar, nem avaliar a grandeza desses fenômenos provocados pela ação humana em sociedade, nem estudar os processos produtivos concentradores de capital e poder em escala global que muitas vezes também limitam as iniciativas econômicas locais e promovem a degradação dos recursos hídricos e solos. Não podemos aqui detalhar a influência dos ritos religiosos, das crenças e de toda uma cultura que permeia e trespassa essa extensa heterogeneidade estrutural, o jogo político e a influência da mídia nas estruturas familiares fragilizadas pela pobreza e ignorância, que por sua vez também contribuem para a degradação ambiental (Singer, 1994, Mol and Sonnenfeld, 2000). Sabemos que a questão é multidimensional e que no máximo podemos compreender fragmentos dessa realidade.

No item seguinte tentamos resumir alguns conceitos com a finalidade de facilitar uma transposição da teoria para a prática. Ou melhor dizendo fundamentando as ações práticas. Temos a total consciência que iremos cometer erros mas é fundamental evitá-los, principalmente quando estamos na lida diária com o destino de crianças e vidas humanas.

### **Referencial Teórico e Conceitos Básicos**

Markusen (1994) acredita que o governo deve ter um papel fundamental em fomentar as políticas de desenvolvimento, políticas que sejam aplicadas e conduzidas de uma forma “bottom-up”, ou seja, “local level policy”, a produção local funcionando como âncoras para o desenvolvimento de pólos de crescimento, contribuindo e protegendo a economia local e regional. Além da educação básica e infra-estrutura, são necessárias ações pontuais e específicas para desencadear os processos de desenvolvimento.

A participação do Estado é de suma importância para manter o equilíbrio e regular o mercado com sua capacidade de influenciar e intervir sobre os agentes direcionando o desenvolvimento com sustentabilidade.

Na era da globalização, está havendo uma predominância e uma maior concentração de esforços no desenvolvimento dos negócios de alta tecnologia que, na maioria das vezes, estão concentrados nas grandes metrópoles pelas suas boas condições de infra-estrutura. Essa política pode alimentar, ainda mais a clássica forma de acumulação, concentração e centralização do capital, ao invés da descentralização do poder e riqueza. Os pólos já consolidados por si só já atraem novos empreendimentos.

Portanto as políticas públicas devem buscar incentivar atividades que demonstrem boas perspectivas dentro das particularidades locais e que contribuam para a descentralização das atividades econômicas bem como a redução da concentração excessiva nas áreas metropolitanas.

### **Políticas Públicas**

As políticas públicas, segundo Lourenço (2005) são produtos de um intrincado processo de pressões políticas exercidas por grupos da sociedade civil. O resultado prático desse processo constitui um conjunto de ações e atividades que acabam atendendo interesses específicos de grupos empresariais e segmentos sociais, bem representados. E ainda em detrimento dos interesses e necessidades da maioria da população e indo na contramão da democracia plena.

As políticas públicas em sua essência buscam amenizar e melhor equilibrar as externalidades produzidas pelo livre mercado e contribuir para a diminuição da assimetria informacional existente. O vazio informacional talvez seja a mais corrosiva das externalidades do mercado pois impede que este opere perfeitamente. Na grande maioria dos casos o instrumento utilizado como base da política tem se pautado em sistemas, regulamentações ou comando e controle (Sternier, 2003). Dentro da nossa área de estudo temos como exemplos de externalidades os efeitos negativos dos sistemas produtivos e as formas de consumo, erosão de solos, contaminação das águas, práticas agrícolas não sustentáveis entre outras e é função dos governantes utilizarem os instrumentos políticos para influenciar a direção da economia na busca da maximização do bem-estar social.

Segundo North (2002) citado por Da Silva (2005), o maior papel das instituições dentro da sociedade é reduzir as incertezas estabelecendo uma estrutura que permita as interações humanas, ou seja, deve-se criar uma atmosfera propícia às interações entre os atores.

### **Arranjos Produtivos Locais**

As políticas públicas com base na teoria dos Arranjos Produtivos Locais (APL's) podem colaborar com a promoção e o desenvolvimento local, os seus conceitos e idéias podem aumentar a eficiência dos





processos existentes e contribuir com novos processos que as interações constroem. Os Arranjos Produtivos são aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais, com atividades econômicas relacionadas e que apresentam algum tipo de vínculo entre eles. Busca o aproveitamento das sinergias coletivas fortalece as chances de sobrevivência e crescimento, constituindo importante fonte geradora de vantagens competitivas duradouras; em segundo lugar, os processos de aprendizagem coletiva (Cassiolo, 2000).

Para Porter (1998), são companhias interconectadas e geograficamente concentradas de determinado segmento, incluindo fornecedores de insumos, componentes, máquinas, serviços, fornecedores de infraestrutura e também instituições governamentais e outras associações de negócios que fomentam treinamento especializado, educação, informação, pesquisa e suporte técnico.

Independente da definição, o importante “é reconhecer que a base de competitividade das empresas em qualquer arranjo produtivo não se restringe a um setor único, estando fortemente associada a atividades e capacitações para frente e para trás ao longo da cadeia de produção. Incluem design, controle de qualidade e atividades relativas a marketing e à comercialização, além de uma série de atividades ligadas à geração, aquisição e difusão de conhecimentos” (Cassiolo, 2003). Os arranjos favorecem ao desenvolvimento e o aperfeiçoamento das pequenas e médias empresas, possibilitando que as mesmas participem do mercado mesmo competindo com empresas de maior porte desde que funcionem de forma complementar e, conseqüentemente, vençam as desvantagens de ser pequeno. Eles promovem as habilidades dos trabalhadores e atraem compradores, ampliam e criam ligações para frente e para trás entre as empresas dentro dos arranjos, promovem intensa troca de informações entre os atores do arranjo, favorecem a existência de infra-estrutura de suporte e consolidam uma identidade sociocultural. A produção de hortigranjeiros e em especial a produção orgânica, em grande maioria, se concentra no mercado local e opera como um arranjo de sobrevivência de micro e pequena empresa conforme características descritas na classificação feita por Alterburg (1999).

### **Capital Social**

Um outro conceito fundamental aproveitado para o nosso trabalho é o de capital social. Em suas longas pesquisas, Putnam (2000) comprovou que as regiões economicamente mais adiantadas possuem governos regionais mais eficientes, simplesmente por haver nelas uma maior participação cívica. Além disto, os cidadãos procedem corretamente, uns com os outros, com maior honestidade, confiança e observância da lei, na esperança de receber em troca o mesmo tratamento. Como todos sabem o capital social é proporcional à densidade de relações entre os cidadãos e, possui um peso especial, a freqüência de participação em organizações fora dos limites da família. São normas e hábitos das instituições informais que afetam os níveis de confiança, interação e aprendizado em um sistema social.

O principal pré-requisito para a criação e desenvolvimento de capital social é a confiança. A confiança é fundamental para o desenvolvimento econômico, para os acordos organizacionais, para balizar os governos entre outros. Ela não é estática e imutável, mas pode ser criada e destruída ao longo do tempo. Na maioria das vezes, ela pode ser desenvolvida através de processos seqüenciais que englobem ações com interesses pessoais, políticas governamentais e através de instituições com mecanismos de autogestão segundo Locke (1999). A confiança também é um atributo pessoal e, em grande parte, é observada entre pessoas que se conhecem há mais tempo, que se parecem ou mesmo que possuem boa reputação. De uma maneira geral, tem início através de interesses em comuns.

Capital social pode viabilizar projetos que economicamente seriam inviáveis em outro lugar, em razão das externalidades possíveis provenientes da sociedade local (Da Silva, 2005).

Criar e desenvolver capital social não é tarefa fácil, mas é fundamental para o desenvolvimento das regiões e locais. A mudança de identidades, valores, poderes e estratégias não ocorrem de uma hora para outra.

### **Mobilização Popular e Planejamento Participativo**

Parece ser correto afirmar que nosso país precisa diminuir as suas acentuadas disparidades regionais e sociais e reverter seu processo de extrema concentração de renda, recuperando para o mercado interno o centro dinâmico da sua economia. Diversos autores, como Celso Furtado, acreditam que para reverter esse processo "seria necessária uma grande mobilização nacional" (Furtado, in Arbix e Abramovay, 2001, p. 27). Mas como empreender essa grande mobilização nacional? Até hoje no Brasil o povo ficou substancialmente



alienado do processo construtivo do seu próprio destino, em décadas recentes por causa do regime de ditadura imposto pela força militar e nos dias de hoje pela ditadura de mercado e pelas práticas e políticas populistas que mantêm a população ignorante.

Os projetos nacionais de desenvolvimento visando maior autonomia da população e a liberdade humana, políticas para arranjos produtivos voltados para a desconcentração econômica e/ou programas de combate ao desemprego estrutural, dependerão sempre de uma formação humana mais consistente e de arranjos institucionais ao nível local. Essa hipótese pode ser fortalecida pela imperativa necessidade de preparação da sociedade subdesenvolvida nas próximas décadas, em função de novas experiências no plano de evolução do conhecimento científico e material, bem como a possível crise ambiental global que deverá demandar a criatividade geral para novos estilos de produção e consumo. (Sen, 1999; Goulet, 1999; Bielschowski, 2000, 1-241; Castells, 1999; Castel, 1998; Tacconi, 2000; Tomasselo, 2003).

São muitos os diagnósticos, os autores e as abordagens metodológicas sobre os profundos e crescentes desequilíbrios sociais, econômicos e ambientais, que revelam a natureza da inserção dos países subdesenvolvidos na economia global que sofreu e vem sofrendo uma metamorfose, da quase antiga era fordista, para uma nova era informacional e pós-fordista, chamada por muitos de acumulação flexível de capital. São também muitas as disputas travadas no campo conceitual sobre a noção de desenvolvimento como processo de busca de liberdade e do bem-estar humano dentro dessas estruturas (Benko, 1999; Sen, 1999; Goulet, 1999; Castells, 1999; Tacconi, 2001, dentre outros). Com base no que pensam esses autores, não há dúvida de que não serão as mesmas políticas de desenvolvimento industrial do século XX que promoverão o desenvolvimento do século XXI. Outras estratégias em planos ontológicos mais integrados precisam ser elaboradas para a redução da pobreza, da desigualdade e da degradação ambiental.

Buscando construir com a população novas perspectivas contidas na "post-normal science" defendidas também por outros autores e seguindo as novas tendências de metodologias de interdisciplinaridade e de planejamento participativo construtivista, recolhemos também algumas idéias nas linhas sugeridas nos trabalhos de Funtowicz e Ravetz, resumidos em Tacconi (2001, p. 28-37). Nas palavras desses autores - "we adopt the term post-normal to mark the passing of an age where the norm for effective scientific practice could be a process of puzzle-solving in ignorance of the wider methodological, social, and ethical issues raised by the activity and its results. The scientific problems which are addressed can no longer be chosen on the basis of abstract scientific curiosity or industrial imperatives. Instead scientists now tackle problems introduced through policy issues, where, typically, facts are uncertain, values in dispute, stakes high, and decisions urgent" (Funtowicz and Ravetz, 1991, p. 138, emphasis added, in Tacconi, 2000, p. 29).

### **Educação e desenvolvimento Humano**

A questão educacional além de ser complexa e fundamental para a mudança das atitudes sociais e crenças para que a população compreenda a necessidade de incorporarem novos valores é crucial para a transformação das práticas agrícolas e a preservação em si. Numa democracia o poder deveria ser distribuído proporcionalmente aos interesses que as pessoas tenham nos resultados para o benefício da maior parte da população. Resumindo a idéia, numa prática política democrática, a construção da autonomia, de estruturas produtivas e a educação em si, todas têm algo em comum e devem buscar o desenvolvimento humano e incluir a capacidade de ler e escrever e a capacidade numérica em alto nível, mas também devem estimular a aprendizagem cívica, a formação de valores, os direitos e responsabilidades dos cidadãos, e como as pessoas podem efetivamente exercê-los em um mundo cada vez mais complexo (Shaughnessy, 2003, p.118).

Estímulos adequados podem desenvolver nas crianças uma potência inata que pode ser ampliada e direcionada com influências diretas na criatividade e aprendizagem, no comportamento, na conduta, na formação de atitudes sociais, nas emoções individuais e coletivas, na formação de valores e nos sentimentos humanos. A criança passa a ter mais iniciativa e a empreender mais quando ela manipula a idéia com prazer e alegria interior. Para que isso aconteça muitas coisas são necessárias, mas a principal delas é a construção de um ambiente com muita liberdade, serenidade e disciplina (Experiência pessoal dos autores em escolas públicas e hortas comunitárias em Petrópolis, 1998-2008) . Os sistemas agro-ecológicos não poderão ampliar terras de cultura enquanto não forem implementadas políticas públicas para a mudança das práticas agrícolas convencionais. É portanto essencial um processo de educação mais amplo no campo, próximo do agricultor e não fora dele, onde as idéias e o conhecimento racional seja mais concebido na prática do que



percebido na teoria (Spinoza, 2000, p.38). Por isso somos favoráveis à implantação de núcleos de desenvolvimento e disseminação de técnicas agroecológicas acoplados às escolas públicas do meio rural. Do ponto de vista metodológico ações de preservação e manejo de solos e recursos hídricos dependerão sempre da mudança de comportamento e da conduta humana na formação das atitudes sociais na educação infantil e fundamental.

Para mudarmos os atuais sistemas de produção predominantes em nossa sociedade é fundamental influenciarmos os produtores através da educação. Para Lacki (1996) uma das principais estratégias para a mudança de comportamento do produtor seria a capacitação dos membros da família rural, pois são estes os principais fatores de desenvolvimento e a educação rural é fundamental neste sentido. Através das escolas primárias introduzindo mudanças nos conteúdos de ensino, nos materiais didáticos, nos métodos pedagógicos e na formação/capacitação dos docentes as crianças e os jovens, em pouco tempo, podem contribuir enormemente com uma nova forma de pensar, organizar a unidade produtiva, planejar o processo produtivo e aperfeiçoar a comercialização.

### **Agroecologia e Sustentabilidade Local**

Basicamente o desenvolvimento sustentável direciona o foco na questão de como produzir em detrimento da questão do que e para quem (Da Silva e Mendes, 2005) e é em cima desta premissa que todos os esforços devem convergir.

Como Furtado (1988) citado por Da Silva e Mendes (2005) pregava, o desenvolvimento não pode ser apenas econômico, mas deve abordar uma visão multidisciplinar e, reforçando este pensamento temos May et al (2003) que atestam a importância da mudança do padrão tecnológico atual na direção de padrões que degradem menos o meio ambiente como condição necessária para que o crescimento econômico possa ser contínuo e com uma distribuição mais igualitária dos benefícios caminhando na direção do desenvolvimento sustentável.

A saída para este problema é a ampliação das atividades econômicas que conservem ou mesmo ampliem esta diversidade e, dentro deste pensamento temos como uma importante alternativa a diversificação dos sistemas produtivos agrícolas (May et al, 2003).

A Agricultura Orgânica dentro da Agroecologia tem como princípios básicos a menor dependência possível de insumos externos e a conservação dos recursos naturais. Para tal, ela maximiza a reciclagem de energia e nutrientes minimizando as perdas destes recursos durante os processos de produção. Trata-se de uma forma de agricultura que considera o agricultor o sujeito da ação e a razão do desenvolvimento. Promove o desenvolvimento auto-sustentável que privilegia os recursos naturais locais e preserva o meio ambiente, contribuindo para a qualidade de vida, a conquista da cidadania dos agricultores e suas famílias, e para uma sociedade democrática e humana.

Segundo Beus & Dunlap (1990) e Almeida (1998) citados por Assis (2002), a agroecologia aponta para uma ruptura com o paradigma do químico-moderno imposto pela Revolução Verde, que privilegiou somente o aumento da produtividade agrícola como forma de avaliação de eficiência, não levando em conta o produtor rural e o meio ambiente. Esta ausência de consciência de sustentabilidade em seu aspecto mais amplo, ou seja, financeiro, social, ambiental e espacial, difundiu uma agricultura comercial extremamente especulativa onde as restrições ecológicas representavam custos insuportáveis. A Revolução Verde instalou um modelo industrial-produtivista de apropriação da natureza que acelerou de forma alarmante a degradação ambiental e social do espaço rural a ponto de se tornar insustentável (Marques, 2003).

Os princípios da produção industrial-produtivista se adaptam mais aos agricultores capitalistas, ou seja, àquelas propriedades onde as atividades são implementadas principalmente com força de trabalho alheia (empregados assalariados), cabendo em geral ao proprietário dos meios de produção, somente as tarefas de direção e administração, do que os pequenos produtores também denominados agricultores familiares.

Uma outra definição para “agricultura sustentável” e adotada pelo Technical Advisory Committee (TAC), do Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) é de York (1989) citado por Paterniani (2006) onde ele define da seguinte maneira:

“Agricultura sustentável consiste no manejo eficiente dos recursos para uma agricultura capaz de satisfazer as necessidades humanas atuais e futuras, mantendo ou aumentando a qualidade do ambiente e conservando os recursos naturais”.



Provavelmente a agricultura sustentável concilie princípios e práticas da agricultura convencional (Revolução Verde) e outras práticas denominadas alternativas (Paterniani, 2006).

A agricultura familiar é uma unidade onde a gestão, o trabalho e a propriedade dos principais meios de produção, mas não necessariamente da terra, pertencem ao produtor direto.

Diversos impactos da produção agroecológica podem influenciar os pequenos agricultores familiares, dentre eles podemos citar: os produtos possuem melhores preços comparados aos convencionais e pode ser uma alternativa aos agricultores para melhorarem suas rendas, os custos de produção têm maiores valores em mão-de-obra e menores custos em insumos quando comparados à agricultura convencional, apresenta um custo extra de certificação que aumenta o custo de produção, principalmente na fase de transição da agricultura convencional para a agroecológica e tem efeito positivo sobre a saúde os trabalhadores rurais e em relação ao meio ambiente (Damiani, 2002).

A agricultura familiar mostra-se também mais apta a incorporar os conceitos da agroecologia, adaptando-se melhor às propostas de desenvolvimento rural sustentável. Encontramos nela uma maior diversificação dos sistemas de produção com valorização do fator trabalho. Tem mais flexibilidade, uma maior cooperação entre os atores e menores riscos ambientais quando comparada às empresas capitalistas. Também utilizam na sua cadeia pequenos produtores e empresários, que para conseguirem melhores condições no mercado e se desenvolverem, se organizam melhor.

### **Projetos e Atividades da Secretaria de Agricultura da Prefeitura Municipal de Petrópolis – 2006/2008**

O município de Petrópolis, no Estado do Rio de Janeiro, ao longo dos últimos 15 anos não teve um setor público organizado e coordenado para o desenvolvimento do segmento agropecuário. Os assuntos relacionados a esta área ficavam a cargo de uma diretoria ora ligada à Secretaria de Indústria e Comércio, ora à Secretaria de Planejamento e até mesmo à Secretaria de Trabalho do Município. Por pressões da classe organizada e do sindicato rural, o Prefeito da cidade resolveu criar a Secretaria de Agricultura do município, cumprindo uma promessa de campanha. No lugar de contratar um político para a função o Prefeito decidiu nomear um técnico com profundas raízes na comunidade e conhecimento da realidade rural por ter tido durante muitos anos, dedicação em tempo integral, aos trabalhos de extensão rural.

A Secretaria de Agricultura é composta por duas diretorias: a diretoria de abastecimento e produção, a diretoria de desenvolvimento rural e de um núcleo administrativo, que até a presente data funciona de forma provisória. Sua principal missão é o fortalecimento das cadeias produtivas e dos arranjos institucionais locais aumentando a rentabilidade do setor agropecuário e contribuindo para melhorar a qualidade de vida do homem do campo e da qualidade final dos produtos que são oferecidos ao consumidor, norteadas sempre por uma agropecuária mais correta, durável e com sustentabilidade. Gerencia um fundo - o Fundagro – Fundo de Desenvolvimento Agropecuário e a aplicação das verbas do fundo é realizada numa co-gestão, através de um conselho consultivo - o Compaf.

A Secretaria de Agricultura elaborou alguns projetos considerados prioritários pensando em novos tempos e novas atitudes para o setor agropecuário. Foram definidas algumas metas específicas para alguns projetos, sem entretanto dispor de orçamento definitivo. Considerando a dificuldade inicial de um orçamento básico para implementação dos projetos foram implementadas três ações: um levantamento detalhado sobre a estrutura de produção de uma microregião denominada Caxambu, encontros com outras comunidades rurais para conhecer as demandas dos agricultores e a aquisição de dois caminhões de calcário dolomítico para venda a preços de custo aos pequenos agricultores. Logo em seguida foram iniciadas hortas em algumas escolas, reformados alguns microtratores da patrulha mecanizada e então outros projetos foram saindo do papel. Os projetos foram concebidos com objetivos específicos e respaldados em escopos e/ou mecanismos de políticas públicas tradicionais, conforme abordado na parte teórica deste texto. A base do processo de escolhas e de decisão é variável, conforme as interferências dos diversos atores e instituições públicas e privadas envolvidas.

As racionalidades que induzem os processos de decisão sobre as políticas públicas, que por sua vez sobredeterminam a natureza dos projetos e as ações de campo são abrangentes. As principais influências e motivações na decisão podem ser definidas em quatro itens distintos: a influência da racionalidade política, da ética, da esfera econômica e da tecnológica. Racionalidade significa um modo de pensar, um universo de pressupostos, de procedimentos metodológicos, um corpo de critérios e de interesses ao longo do tempo.



Isso não quer dizer, por exemplo, que um engenheiro motivado pelo aspecto tecnológico na construção de uma estrada tenha que cortar um conjunto de árvores centenárias imediatamente. Ele pode também, por razões éticas contornar os obstáculos. Ou no mesmo caso aquele que só pensa no aspecto econômico pode aceitar um aumento do custo de construção da estrada para salvar as árvores por razões de consciência ecológica.

A racionalidade política tem como fim preservar o poder, ampliar o prestígio e conseguir os votos da população nas eleições. A racionalidade ética busca criar, nutrir e defender os valores da verdade, da preservação, da solidariedade e da distribuição mais racional da riqueza. A racionalidade econômica busca a redução dos custos financeiros dos projetos, busca a expansão da renda e a penetração nos mercados. A racionalidade tecnológica busca conseguir que os processos produtivos sigam uma lógica científica e níveis de segurança (adaptado e ampliado de Goulet, 1999, p. 33-35). Na gestão desse processo o difícil é saber quando e quanto abrir mão da ética por causa da influência dos políticos, quando abrir mão da preservação por causa da influência do fator econômico, ou quando abrir mão da técnica por causa da preservação e assim por diante. Encontramos conflitos que precisam ser administrados e monitorados durante todo o tempo respeitando as diferenças ideológicas, os pensamentos, idéias e conceitos de cada um dos atores. Os projetos podem sofrer transformações pelas influências constantes de atores internos e externos ao sistema que interferem e dominam momentos de tempo no planejamento e na execução dos projetos.

### **Apresentamos agora um resumo de cada um dos projetos:**

#### **Encontros com as Comunidades Rurais**

Busca mobilizar os produtores para identificar os problemas e organizar os projetos e ações prioritárias de sua própria localidade. Estreita a relação e desenvolve capital social além de ser importante ferramenta para a busca e priorização de soluções dos problemas.

#### **Cursos e Módulos de Ensino Técnico Rural nas Comunidades**

Implanta programas de capacitação profissional no meio rural, com intuito de melhorar a formação da força de trabalho dos futuros produtores rurais e suas famílias. Defendemos a criação de núcleos de ensino e de práticas agrícolas acoplados às escolas públicas do meio rural de Petrópolis, como forma de difusão das técnicas agro-ecológicas e de uma agricultura sustentável.

#### **Levantamento do Potencial Agropecuário de Petrópolis**

Pesquisa nas unidades familiares de produção, agricultores, meeiros e criadores de Petrópolis, com a finalidade de conhecer o perfil do produtor rural, os insumos utilizados nos processos produtivos, o volume de defensivos e agrotóxicos utilizado, a dimensão da área cultivada e os sistemas de comercialização. Servirá também para criação de indicadores da efetividade das políticas públicas (crédito contratado, índice de formalidade, comportamento ambiental, etc). Este projeto foi realizado somente na região do Caxambu em 120 produtores e interrompido por falta de recursos humanos e logísticos.

#### **Projeto Solo Correto**

Fornece calcário a preço de custo (R\$2,50 por saco de 50 kg) para pequenos agricultores, possibilitando a correção de solos e contribuindo para a diminuição dos custos de produção, o aumento da rentabilidade das atividades agrícolas e a maior incorporação de tecnologia.

#### **Limpeza e Preservação da Área Rural – Projeto Campo Limpo**

Contribui para a melhoria da qualidade de vida da população rural estimulando e realizando campanhas de coleta e recolhimento de embalagens plásticas, vidros e frascos de produtos, de agrotóxicos jogados nos rios e nas áreas rurais em geral. Cria e desenvolve, em maior escala, uma mentalidade de maior



cuidado com os seres humanos, as nascentes, os rios e os solos de Petrópolis, visando orientar o processo produtivo, no sentido de uma agricultura mais ecológica e equilibrada.

### **Agricultura Correta**

Contribui com a oferta de produtos alternativos para os problemas de fitossanidade (calda sulfocálcica, calda bordaleza, calda viçosa etc.) a preço de custo, aumentando a rentabilidade dos produtores de Petrópolis, incorporando tecnologia de forma sustentável, reduzindo e substituindo os agrotóxicos utilizados.

### **Unidade Didática – Centro de Educação Ambiental – Museu da Agricultura**

Busca atrair crianças, turistas e público em geral para o Parque Municipal de Petrópolis, demonstrando alguns elementos da atividade agrícola básica, estimulando a educação ambiental e contribuindo para uma aproximação concreta da população urbana com o mundo rural. Este projeto foi iniciado e interrompido por falta de recursos financeiros.

### **Padronização e Organização de Feiras Livres**

Estimula e promove condições para melhorar o funcionamento dos pontos de venda, garantindo a segurança alimentar, criando um ambiente saudável para o consumidor e aumentando a rentabilidade dos produtores.

### **Plantio de Árvores Nativas e Comerciais**

Incentiva a recomposição florestal em áreas degradadas, em áreas de interesse ambiental e em áreas adequadas ao plantio comercial.

### **Hortas Escolares e Comunitárias**

Utiliza a horta como elemento pedagógico para desenvolvimento da educação e dos hábitos alimentares saudáveis.

### **Padronização e Organização do Hortomercado Municipal**

Estimula e promove condições para aperfeiçoar o funcionamento do Hortomercado Municipal, proporcionando segurança alimentar e um ambiente saudável para o consumidor. O Horto já teve duas reformas no período 2006/2008 e intenso processo de envolvimento dos feirantes em práticas de comercialização e higiene. O Horto localizado em Itaipava tem sido também importante centro de difusão cultural da riqueza agrícola de Petrópolis. Além disso é importante ponto de atração turística da cidade.

### **Promoção de Eventos Agropecuários**

Estimula o associativismo, a integração dos produtores, a realização de exposições especializadas, leilões e a promoção das atividades agropecuárias do Município de Petrópolis. Foram realizados no período 2006/2008 os seguinte eventos:

### **Articulações Institucionais**

Estreita relações com as diversas instituições buscando parcerias para o desenvolvimento local do setor agropecuário.

### **Patrulha Mecanizada**



Disponibiliza micro tratores para os pequenos produtores e projetos comunitários a preços de custo fomentando a produção. Apóia serviços mecanizados estruturantes facilitando e melhorando as condições de produção.

### **Produtor Legal**

Estimula e auxilia a formalização e legalização das atividades agropecuárias nos aspectos tributário, fundiário, sanitário, entre outros.

### **Ampliar Canais de Comercialização**

Incentiva e promove novos canais de comercialização.

### **Merenda Verde**

Apóia a construção de estufas com tecnologia adequada para enfrentar problemas climáticos e de produção, contribuindo ainda para maior segurança na colheita e, ao mesmo tempo, criando um novo canal de comercialização junto às escolas da rede pública fundamental. Este projeto ainda não foi iniciado.

### **Selo de Qualidade**

Institui o selo de qualidade

### **Encontros Técnicos**

Debates técnicos

Sanidade Animal e Vegetal

Convênio com a Assistência Técnica e Extensão Rural

Convênio com a EMATER-RIO

Plantio de Árvores

Incentiva a recomposição

## **Conclusões e Considerações Finais**

A perspectiva de debate entre localistas, globalistas e estruturalistas sinaliza para enormes possibilidades de reforma e intervenção do Estado na organização do espaço e na gestão de territórios. Estamos experimentando o real conteúdo de um pensamento de que o obstáculo principal na execução de políticas públicas “é a articulação das diferenças” (informação pessoal da professora Bertha Becker, UFRJ, 2001).

A articulação interinstitucional, a mobilização popular, e a política fazem parte de uma ação de coordenação onde ficamos limitados pelo grau de conhecimento e consciência, a vontade e a determinação de uma determinada população em um determinado contexto histórico-social. A confiança dos atores envolvidos aumentou nossa responsabilidade, na medida em que os projetos apresentados no CONPAF foram aprovados sem ressalvas.

Acreditamos que os níveis de informações, incentivos e controles administrados nos projetos de fomento do setor agropecuário irão se somar a outras iniciativas de diversas outras áreas de governo para que um estilo de desenvolvimento endógeno, mais autônomo, possa além de criar oportunidades de trabalho e renda para a população, venha canalizar mais recursos para a recuperação de passivos ambientais e alimentar novas oportunidades econômicas no segmento de turismo histórico, ecoturismo e turismo rural.



Ainda temos uma longa caminhada e aprendemos que todo o processo político que se pretende ético, racional e com a defesa dos interesses legítimos da maior parte da população depende de uma alocação eficiente de recursos e de uma participação intensa do povo no processo de decisão. O item seguinte deste texto servirá para os leitores que tenham a possibilidade e tempo disponível também contribuir para a reformulação e/ou aperfeiçoamento dos projetos apresentados no curto prazo.

### **Propostas e Sugestões**

O processo de gestão de políticas públicas e a implementação de projetos no setor público, não podem ser acelerados, como na iniciativa privada, pois encontramos entraves burocráticos, regras, regulamentos, leis e portarias que precisam ser obedecidos. Na lógica do processo de trabalho o ritmo dos funcionários públicos também é diferente da empresa privada e a forma de contar com um processo eficiente de gestão dependem da construção de relações de cordialidade e troca mútua. Da experiência concreta de trabalho podemos recomendar de forma geral, o fortalecimento de alguns projetos, a ampliação de recursos, a ampliação dos canais de comercialização, as compras institucionais, a ampliação da merenda verde, o estímulo às hortas comunitárias e escolares, o incentivo aos núcleos de práticas agrícolas em agroecologia e agricultura urbana, a mobilização em projetos de preservação do meio ambiente, o incentivo à fruticultura, o reflorestamento de áreas degradadas e muitos outros. Para que esse esforço seja medido e avaliado no futuro imaginamos poder propor melhorias e sugestões aos futuros programas que de alguma forma possam contribuir e servirem de base de trabalho nos próximos anos.

### **Encontros com as Comunidades Rurais**

Ampliar o número de encontros nas diversas localidades e levar aos agricultores, ao mesmo tempo, os insumos, as informações e resultados dos demais projetos, como por exemplo, o solo correto, a agricultura correta, as possibilidades de mudas a preço de custo para a expansão do plantio de árvores nativas e comerciais, aumentando a credibilidade e a eficiência dos programas.

### **Cursos e Módulos de Ensino Técnico Rural nas Comunidades**

Promover uma integração completa, principalmente, com as Secretarias de Educação e Meio Ambiente na direção de tornar este projeto prioritário do governo para que as crianças e jovens tenham a real possibilidade de uma educação na área de agroecologia prática e teórica, realizando inclusive experimentos de campo que envolvam, a agropecuária, a gestão da propriedade e contribuindo, de alguma forma, para a formação de um cidadão consciente e estável.

### **Assistência Técnica e Extensão Rural**

Ampliar significativamente a assistência técnica e extensão rural para uma grande maioria dos pequenos produtores rurais do município. É fundamental para o desenvolvimento rural termos uma maior capilaridade desses serviços.

### **Projeto Solo Correto**

Ampliar o volume dos insumos e disseminar mis informações tanto em relação aos benefícios bem como a utilização dos insumos fornecidos pelos próprios projetos.





## **Limpeza e Preservação da Área Rural – Projeto Campo Limpo**

Educação no campo envolvendo mais os produtores, com ações semestrais em todas as comunidades, buscando agregar aos produtos do município diferencial de qualidade e respeito ambiental nos seus processos de produção. Intensificar a fiscalização aplicando a legislação já existente.

## **Agricultura Correta**

Há a necessidade de divulgar de forma mais ampla os seus benefícios criando assim uma maior demanda pelos produtos alternativos e insumos e facilitando também o acesso aos produtos.

## **Hortas Escolares e Comunitárias**

Utilizar a horta como elemento pedagógico para desenvolvimento da educação e dos hábitos alimentares saudáveis. Ampliar de 20 escolas para 30 escolas. Dar maior consistência ao projeto modificando a composição da merenda escolar.

## **Padronização e Organização de Feiras Livres**

Continuar aplicando todos os instrumentos de modernização das feiras buscando sempre relacionar a qualidade com a ampliação e manutenção das atividades e dos negócios.

## **Padronização e Organização do Hortomercado Municipal**

É um dos símbolos da qualidade da agropecuária metropolitana, ponto turístico e vitrine principal da gastronomia de Itaipava. O Hortomercado é um exemplo também de inovação de produtos e como tal deve funcionar sempre em perfeitas condições. Repetir cursos da em parcerias com o Senac/Senai, sobre práticas de comercialização.

## **Promoção de Eventos Agropecuários**

Aumentar o número de eventos para ampliar o turismo e, conseqüentemente, aumentar a receita do setor terciário. Criar um calendário prévio para ser implementado durante o ano. Expandir as possibilidades do aspecto cultural e artístico das mostras, concursos, exposições além, é claro, de aumentar o movimento do agronegócio em si através dos leilões e vendas de produtos.

## **Articulações Institucionais**

Esse projeto na verdade é uma atividade meio, mas fundamental para a implementação dos demais projetos pois, cabe repetir, ninguém faz nada sozinho. A Secretaria de Agricultura deve estar aberta para conciliar parcerias independentemente das concepções ideológicas e políticas em prol do desenvolvimento rural.

## **Plantio de Árvores Nativas e Comerciais**

Aumentar o número de mudas a serem distribuídas. Expandir radicalmente a idéia de diversificação, de preservação, de conservação dos recursos hídricos entre outros temas constitui ação fundamental para a sustentabilidade. As Secretarias de Agricultura e Meio Ambiente devem, neste setor, funcionar como uma única unidade buscando aumentar as áreas de preservação para influenciar positivamente a produção.

## **Patrulha Mecanizada**

Fazer manutenção periódica nos equipamentos e contratar com mais intensidade serviços de terceiros para realização de melhorias e investimentos nas áreas produtivas.



## **Produtor Legal**

Valorização do produtor local retirando-os da informalidade, criando mercados, aumentando o fundo de participação dos municípios e despertando a sociedade para a real situação e dimensão do setor agropecuário. Aumentar os índices de formalidade é importantíssimo para o desenvolvimento local.

## **Ampliar Canais de Comercialização**

Uma das principais preocupações da Secretaria de Agricultura é encontrar alternativas de comercialização para os produtos locais. Uma das possibilidades que o poder público possui é a compra institucional feita para as escolas, creches, hospitais, restaurantes públicos, entre outros. Aumenta receita do município através do aumento de renda dos produtores repercutindo, assim, na economia local.

## **Merenda Verde**

É uma ação educacional pois insere tecnologia na produção, contribui para diminuir os prejuízos em função das intensas chuvas e pode despertar novos hábitos na alimentação das crianças. Criar metas anuais para expandir o uso da tecnologia.

## **Selo de Qualidade**

Esse projeto ainda não foi implementado. Estamos elaborando um esboço dos pré-requisitos para o produtor poder obter o selo. A nível de administração de sua unidade produtiva o agricultor deverá obedecer e respeitar práticas que demonstrem, num primeiro estágio, cuidados com o manejo dos solos e a conservação dos recursos hídricos.

## **Encontros Técnicos**

Não foi possível realizar encontros além do Seminário de Agricultura Orgânica no ano de 2006, porém é importante promover, ou mesmo, financiar visitas técnicas à regiões com maiores tecnologias na busca de conhecimento, informações aumentando assim a motivação dos produtores.

## **Sanidade Animal e Vegetal**

A sanidade dos produtos é um dos mais importantes funções públicas. Não dá para pensar em desenvolvimento sem uma qualidade mínima nos processamentos e cuidados nos pontos de vendas. É uma atribuição permanente que o poder público tem pois é a única forma de garantir a qualidade dos produtos além de, quando bem realizado, contribuir para a promoção e marketing regional.

## **Unidade Didática – Centro de Educação Ambiental – Museu da Agricultura**

Criar um espaço para experimentos agropecuários buscando uma direção no sentido de sistemas agroecológicos. É o primeiro passo para o desenvolvimento de núcleos e escolas técnicas rurais.

## **Levantamento do Potencial Agropecuário de Petrópolis**

É necessário e fundamental para o desenvolvimento deste projeto buscar parcerias que viabilizem este trabalho. Estas parcerias poderiam ser por exemplo com as universidades locais e outras instituições interessadas em pesquisas direcionadas e aplicadas à realidade local.

## **Referências Bibliográficas**



ALTENBURG, Tilman and Jorg Meyer-Stamer. How to Promote Clusters: Policy Experiences from Latin America. World Development. Vol. 27, No. 9, pp. 1693-1713. Elsevier Science Ltd. 1999.

ANANIAS, Patrus. A Agenda de Modernização das Ações Sociais Públicas em Âmbito Local. RAP - Revista de Administração Pública. FGV, Mar/Abr, 2005.

ARBIX G., ZILVOVICIUS M.. Razões e Ficções do Desenvolvimento, São Paulo, UNESP, 2001.

CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M., e SZAPIRO, Marina. Arranjos e Sistemas Produtivos Locais e Proposições d Políticas de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico. Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – IE/UFRJ. Bloco 3 Nota Técnica 27. Rio de Janeiro, dezembro de 2000.

CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M. M., e MACIEL, M. L. (organizadores). Pequena empresa: Cooperação e Desenvolvimento Local. Relume Dumará Editora, julho de 2003.

CASTEL, R. As metamorfoses da questão social -Uma crônica do salário. 2º ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1998.

CASTELLS, M. A Sociedade em Rede, vol. 1, 2º ed., Paz e Terra, 1999.

DA SILVA, Christian Luiz. Desenvolvimento sustentável: um conceito multidisciplinar. In: Da Silva, Christian Luiz e Mendes, Tadeu Grassi (organizadores). Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: agentes e interações sobre a ótica multidisciplinar. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

FAVER, Ciuffo Leonardo. Agricultura orgânica: fatores relevantes para sustentabilidade. Fundação Getúlio Vargas – EBAPE. Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro - RJ, 2004.

FURTADO, Celso. Desenvolvimento. In: Caiden, Gerald & Caravantes, Geraldo. Reconsideração do conceito de desenvolvimento. Caxias do Sul: Educs, 1988.

GOULET D. Ética del Desarrollo, Madrid, IEPALA,1999.

LACKI, Polan. Desenvolvimento Agropecuários: da dependência ao protagonismo do agricultor. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação – FAO. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. Ministério da Agricultura e do Abastecimento – MA. Secretaria de Desenvolvimento Rural – SRD. Departamento de Assistência Técnica e Extensão Rural – DATER. Brasília, Brasil, 1996.

LOCKE , Richard M. Building Trust. Massachusetts Institute of Technology. Manuscrito não publicado, 1999.

LOURENÇO, Marcus Santos. Políticas públicas e desenvolvimento. In: Da Silva, Christian Luiz e Mendes, Tadeu Grassi (organizadores). Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: agentes e interações sobre a ótica multidisciplinar. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005.

MARKUSEN, Ann. Ineraction between Regional and Industrial Policies: Evidence from four Countries. Annual World Bank Conference on Development Economies, 1994.

MOL A. and SONNENFELD D. Ecological Modernization Around the World, London, Frank Cass, 2000.

NORTH, Douglass. Institutions, institutional change and economic performance. New York, N.Y. Cambridge University Press, 2002.



- PATERNIANI, Ernesto e Paterniani, Maria Lídia Stipp. Dos primórdios à modernidade: uma breve história da agricultura. In: Paterniani, Ernesto (Editor Técnico). Ciência, agricultura, e sociedade. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.
- PORTER, Michael E. Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review. November-December 1998.
- PUTNAM, Robert D. Comunidade e democracia: a experiência da Itália moderna. Tradução Luiz Alberto Monjardim. 2 Edição, Rio de Janeiro: Editora FGV, 2000.
- RAVAIOLI C. Economists and the Environment, London, Zed Books, 1995.
- SEN A. Desenvolvimento como liberdade, São Paulo, Cia das Letras, 1999.
- SHAUGHNESSY M. E OUTROS. Filosofia, Educação e Política, DP & A editora, 2003.
- SINGER P. Ethics, Oxford University Press, 1994.
- SÖDERBAUM P. Ecological Economics, London, Earthscan, 2000.
- SPINOZA. Ethics, London, Everyman, 2000.
- STERNER, Thomas. Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management. Resources for the Future Press book, Washington, 2003.
- SWANSON T. The economics and ecology of biodiversity decline: the forces driving global change, Cambridge University Press, 1998.
- TACCONI, L. Biodiversity and Ecological Economics, London, Earthscan, 2000.
- TOMASELLO M. Origens Culturais da Aquisição do Conhecimento Humano, Martins Fontes, 2003.
- YORK, E. T. A sustainable global agriculture. (Athens): The University of Georgia, 1989. 15 p. (D. W. Brooks Lecture).



## **Inserção da Embrapa na Região Serrana Fluminense Através do Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores - Uma Proposta de Pesquisa Participativa**

**Renato Linhares de Assis<sup>(1)</sup>; Adriana Maria de Aquino<sup>(1)</sup>**

(1) Pesquisadores Embrapa Agrobiologia/NPTA, Av. Alberto Braune, 223. Centro. Nova Friburgo-RJ- CEP 28613-001, [renato@cnpab.embrapa.br](mailto:renato@cnpab.embrapa.br)

### **RESUMO**

O Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores (NPTA) da Região Serrana Fluminense surgiu como resultado de negociação entre a Prefeitura Municipal de Nova Friburgo e a Embrapa. A agricultura na região caracteriza-se por altas produtividades baseadas na utilização de tecnologias industrializadas. Esse modelo de agricultura tem levado a uma vulnerabilidade social e a um acentuado processo de degradação ambiental que termina por comprometer a capacidade produtiva das unidades familiares. Já os Sistemas de produção agroecológicos potencializam o uso dos recursos locais, focalizam a propriedade como um todo, ao mesmo tempo que buscam a produtividade. Os métodos tradicionais de transferência de tecnologia não são efetivos e eficientes para os agricultores familiares. Desta forma o desafio que se impõe ao NPTA desde a sua concepção é a interação entre agricultores familiares e pesquisadores e a busca por métodos passíveis de serem moldados conforme as características sociais, econômicas e ambientais locais. Desde já os agricultores através das associações tem demandado ações de pesquisas que viabilizem alternativas ao manejo de solo tradicionalmente utilizado. Para tanto, há necessidade de viabilizar sistemas de produção de forma interativa entre pesquisadores e agricultores, com prioridade para o incremento e manejo do nível de matéria orgânica do solo.,

**Palavras-chave:** agroecologia; agricultura familiar, desenvolvimento rural

### **1. INTRODUÇÃO**

O Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores (NPTA) da Região Serrana Fluminense surgiu como resultado de negociação entre a Prefeitura Municipal de Nova Friburgo e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com o intuito de aproximar os pesquisadores, em especial das três Unidades desta Empresa no estado do Rio de Janeiro (Solos, Agrobiologia e Agroindústria de Alimentos), da realidade agrícola da região serrana fluminense, área de agricultura mais dinâmica no estado e conhecida pela produção de hortaliças, flores e frutas. Inaugurado em 2007, o NPTA tem sua sede localizada junto a Secretaria Municipal de Agricultura de Nova Friburgo e um espaço físico no meio rural, cedido pela Associação dos Pequenos Produtores e Moradores de Santa Cruz e Centenário, no Terceiro Distrito desse município.

A Região Serrana fluminense caracteriza-se por relevos montanhosos, solos pouco espessos e lixiviados (Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos álicos) e um clima úmido e ameno. Nessa região, especialmente, os poucos remanescentes das florestas da Mata Atlântica desempenham papel muito importante na captação e distribuição de água de chuva nas bacias hidrográficas. As atividades agrícolas ocupam as restritas planícies fluviais e as baixas vertentes menos declivosas do domínio montanhoso.

De acordo com o censo demográfico do IBGE de 2000, das oito regiões de governo do estado do Rio de Janeiro, a serrana é a que apresenta a maior população residente no meio rural (126.806 habitantes). Dos 14 municípios que compõem a referida região, seis se destacam por terem mais de 10 mil habitantes



residindo no meio rural: Bom Jardim, Nova Friburgo, São José do Vale do Rio Preto, Petrópolis, Sumidouro e Teresópolis.

Todos estes municípios, segundo dados do censo agropecuário de 1995/1996 (GUANZIROLI et al, 2001), apresentam mais de oitenta por cento de seus estabelecimentos rurais sob economia familiar, a exceção de Petrópolis que tem 60,2 % de seus 327 estabelecimentos rurais com proprietários deste segmento (Tabela 1). Os municípios de Nova Friburgo e Teresópolis apresentam o maior número de estabelecimentos rurais de economia familiar, 1607 e 2.726, respectivamente (INCRA, 2007).

Município	Nº de unidades familiares	% de unidades familiares	Nº de unidades patronais	% de unidades patronais	Área agrícola total (ha)	% de área agrícola familiar	% de famílias com renda monetária baixa ou quase nula
Teresópolis	2.726	92,3	227	7,7	20.031	41,3	21,5
Sumidouro	1.278	84,8	228	15,1	24.235	57,0	39,8
São José do Vale do Rio Preto	626	90,5	65	9,4	10.936	42,2	50,2
Nova Friburgo	1.607	87,7	211	11,5	29.979	62,7	45,2
Bom Jardim	688	80,5	164	19,2	23.208	44,1	52,6
Petrópolis	197	60,2	111	33,9	8.402	12,3	40

Fonte: Censo Agropecuário 1995/1996

## **2. A AGROECOLOGIA COMO BASE DA ATUAÇÃO**

A agricultura na Região Serrana Fluminense caracteriza-se por altas produtividades baseadas na utilização de tecnologias industrializadas, notadamente fertilizantes sintéticos concentrados e agrotóxicos (Guerra et al., 2007). Estudos realizados na região mostram que o uso generalizado dos agrotóxicos, tem levado à contaminação do lençol freático e comprometido a saúde, especialmente, dos agricultores que plantam flores (Castro, 1999; Peres, 1999; Levigard, 2001). Esse modelo de agricultura tem levado a uma vulnerabilidade social e a um acentuado processo de degradação ambiental que termina por comprometer a capacidade produtiva das unidades familiares. Altas taxas de erosão são verificadas como decorrência do uso generalizado de práticas pouco conservacionistas, levando ao aumento nos riscos econômicos para os agricultores, já elevados, face os altos custos dos insumos utilizados, associados à incerteza de preço para os produtos agrícolas que remunerem adequadamente os produtores.

Nesse sentido, as práticas agroecológicas tem um potencial positivo como referencial teórico e instrumental importante, na implementação de processos de desenvolvimento agrícola sustentável, que tenham a agricultura familiar como foco prioritário (Assis & Romeiro, 2005).

A agroecologia é uma ciência que resgata o conhecimento agrícola tradicional desprezado pela agricultura moderna, e procura fazer sua sistematização e validação de forma que este possa ser (re)aplicado em novas bases (científicas). Além disto, na medida que expressa em seus princípios, que para sua prática é necessário um ser humano desenvolvido e consciente, com atitudes de coexistência e não de exploração para com a natureza (Altieri, 1989), a agroecologia se apresenta no Brasil como uma forma de resistência contra a devastadora onda modernizadora e contra a expropriação completa dos agricultores (Canuto, 1998). O que integra propostas agroecológicas com outras voltadas a desenvolver a agricultura familiar.

Sistemas de produção agroecológicos potencializam o uso dos recursos locais, focalizam a propriedade como um todo, ao mesmo tempo que buscam a produtividade a partir da formação de um agroecossistema vigoroso que consiga responder favoravelmente de forma autônoma, a períodos de estresse. Para isto procura-se trabalhar com uma diversificação de atividades, buscando-se a melhoria da fertilidade natural dos solos a partir da ampla utilização de práticas como a adubação verde e adubação orgânica com esterco proveniente de criações, integrando atividades de produção vegetal e animal (Assis, 2002).

Neste sentido a Região Serrana Fluminense apresenta-se com experiências pioneiras, tanto de produção como de pesquisa, articulando agricultores e pesquisadores no entendimento dos processos agroecológicos aplicados a região serrana.

No que se refere a produção agrícola, remonta a 1978, na comunidade dos Albertos em Petrópolis, a formação do primeiro núcleo de produção orgânica do estado do Rio de Janeiro (Guerra et al., 2007), núcleo este que somado a outras experiências neste sentido que vieram a ocorrer na região principalmente,



determinaram a formação em 1984 da Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO).

Em relação a pesquisa, observa-se um longo histórico de cooperação entre as diferentes iniciativas institucionais fluminenses em agroecologia. Dentre essas destaca-se a Rede Agroecologia Rio<sup>1</sup>, formada em 1998, com foco de atuação na pesquisa participativa e na agricultura familiar, que teve como pioneirismo a articulação entre todos os elos da cadeia produtiva da agricultura orgânica no estado do Rio de Janeiro. Esta articulação teve como objetivo contribuir para o desenvolvimento de comunidades rurais, a partir da difusão de conhecimentos e tecnologias agroecológicas gerados pela pesquisa agrícola. A Rede Agroecologia Rio concentrou sua atuação inicial junto a sistemas de produção familiares de hortaliças, através de quatro áreas pólo, sendo metade situada na Região Serrana Fluminense. Neste trabalho, a efetiva participação dos agricultores no processo de geração e difusão da pesquisa foi condição básica para o trabalho (Feiden et al., 2002).

O fato de ser a olericultura a atividade agrícola de maior expressão no estado do Rio de Janeiro sob produção familiar, foi fator determinante para que a Rede Agroecologia Rio concentrasse sua atuação inicial junto a estes sistemas de produção. A efetiva participação dos agricultores no processo de geração e difusão da pesquisa foi então condição básica para o trabalho, sendo este fator determinante para que o corpo de pesquisadores envolvidos incorporassem a lógica do processo participativo como fundamental para o desenvolvimento de conhecimentos acerca de sistemas de produção agroecológicos.

Esta experiência, aliada a ações subsequentes desenvolvidas por pesquisadores da Embrapa junto a comunidades de agricultores familiares em municípios da Região Serrana Fluminense (destaque para Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Bom Jardim e Nova Friburgo) possibilitaram a construção de novos conhecimentos, agregando as experiências prática e acadêmica, respectivamente, dos agricultores e pesquisadores. O destaque nesta trajetória foi no sentido de aprofundar a transição agroecológica dos sistemas de produção familiares com a incorporação de novas práticas de manejo que otimizem os processos ecológicos e que favoreçam o desempenho produtivo e econômico das unidades agrícolas (Guerra et al., 2007).

### **3. A PROPOSTA DE PESQUISA PARTICIPATIVA**

Como afirmam Ahrens et al. (2007), a maior parte das instituições de ensino e pesquisa tem desenvolvido projetos baseados no modelo linear de transferência de tecnologias, no qual a pesquisa gera o conhecimento, a extensão transfere e o agricultor adota. Este enfoque tem gerado baixa apropriação por parte dos agricultores, principalmente, pela desconsideração dos valores locais.

Os métodos tradicionais de transferência de tecnologia empregados pelas agências de extensão rural e de fomento agropecuário, são mais efetivos e eficientes para os agricultores com disponibilidade de recursos para investimentos e inseridos no mercado. Porém, não tem demonstrado a mesma efetividade para os agricultores com pouca disponibilidade de recursos naturais e pequena capacidade de investimento (Altieri, 1989; Lacki, 1995).

Segundo Assis (2002), nos marcos dessa concepção, a pesquisa e o desenvolvimento dos modernos sistemas de produção foram orientados para a incorporação de pacotes, tidos como de aplicação universal, destinados a maximizar o rendimento dos cultivos em situações ecológicas profundamente distintas. Além disto, de acordo com o mesmo autor, apesar do processo de modernização ter proporcionado à agricultura brasileira um grande dinamismo nos seus componentes estruturais, este teve um caráter excludente, aumentando a concentração de riquezas e disparidades regionais no país, além de desequilíbrios ecológicos e comprometimento dos ganhos de produtividade.

<sup>11</sup> A Rede Agroecologia Rio foi formada com a união dos esforços das seguintes sete instituições: Associação de Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO); Agrinatura Alimentos Naturais Ltda. (AGRINATURA); Assessoria e Serviços em Agricultura Alternativa (AS-PTA); Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Rio de Janeiro (Emater-Rio); Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio); Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRuralRJ); Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agrobiologia).



Percebe-se cada vez mais que os conhecimentos inatos dos agricultores familiares podem ser muito importantes para apontar maneiras de melhorar seus sistemas agrícolas, na medida que estes conhecimentos possibilitaram que eles sobrevivessem gerações e gerações, além de refletirem uma interação estreita com o meio ambiente no qual trabalham (Friedrich et al., 1995), no que, torna-se fundamental revalorizar e integrar a capacidade investigativa dos agricultores nos processos de construção de conhecimentos sobre manejo agrícola (Petersen, 2001).

Percebe-se assim, a necessidade de um aprofundamento metodológico na questão da pesquisa e difusão de conhecimentos e tecnologias, tanto no sentido de pesquisa para agricultor, como no sentido do agricultor para o pesquisador, e uma avaliação real da eficiência e efetividade da adoção e adaptação das tecnologias, como também na apropriação dos conhecimentos e princípios científicos pelos agricultores. Por outro lado, também é necessária a avaliação das alternativas conhecidas e utilizadas pelos agricultores, as quais apesar de não serem cientificamente reconhecidas podem ser mais adequadas à realidade dos agricultores que serão o alvo deste trabalho.

### **3. O NÚCLEO DE PESQUISA E TREINAMENTO PARA AGRICULTORES**

A partir então do entendimento de que as metodologias tradicionalmente utilizadas para a transferência de tecnologias não estão se mostrando efetivas para as características da agricultura familiar e, considerando a experiência da Rede Agroecologia Rio e outras anteriores das três Unidades da Embrapa no estado do Rio de Janeiro e seus parceiros na Região Serrana Fluminense, construiu-se proposta para estabelecimento de um Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores (NPTA) no município de Nova Friburgo. Esta construção ocorre tendo por base o pensamento de que é necessário a criação e utilização de métodos que possibilitem o envolvimento do próprio produtor rural na avaliação das soluções desenvolvidas pela pesquisa e adaptação destes resultados às condições de sua unidade produtiva, conforme apresenta Petersen (1998).

Desta forma o desafio que se impõe ao NPTA desde a sua concepção é a interação entre agricultores e pesquisadores e a busca por métodos passíveis de serem moldados conforme as características sociais, econômicas e ambientais locais. Desde já os agricultores através das associações tem demandado ações de pesquisas que viabilizem alternativas ao manejo de solo tradicionalmente utilizado. Para tanto, há necessidade de viabilizar sistemas de produção, que a partir da racionalização do uso de insumos, avancem no processo de transição agroecológica, isto de forma interativa entre pesquisadores e agricultores, com prioridade para o incremento e manejo do nível de matéria orgânica do solo.

### **4. AÇÕES INICIAIS DO NPTA**

O município de Nova Friburgo destaca-se como pólo econômico regional e também importante produtor de produtos hortícolas, com destaque para a couve-flor em que este município caracteriza-se como maior produtor da América Latina, produção esta concentrada em seu terceiro distrito, onde através de um pré-diagnóstico já se tem caracterizada a demanda por ações de pesquisas que viabilizem alternativas ao manejo de solo tradicionalmente utilizado. Destaca-se a ocorrência generalizada nas comunidades em questão, da doença conhecida como hérnia das crucíferas, cujo agente causal (*Plasmodiophora brassicae*) se encontra largamente disseminado na região, em decorrência principalmente de manejo e preparo inadequado do solo, sendo sua ocorrência aumentada nos plantios de verão.

Este problema fitossanitário é exemplar no que tange ao nível de desequilíbrio ambiental regional, e o impacto deste nos níveis de produtividade e custos de produção. Analisando historicamente a cadeia produtiva de hortaliças da região, em especialmente a produção de couve-flor oriunda do terceiro distrito de Nova Friburgo, verifica-se que havia um uso intensivo de cama de aviário, caracterizando forte integração desta com a cadeia produtiva de aves localizada no município vizinho de Bom Jardim. Com a mudança locacional, observada a cerca de 10 anos, dos custos de oportunidade relativos a produção avícola, esta sofreu uma derrocada neste município. Este fato determinou para os produtores de couve-flor de Nova Friburgo a necessidade de buscarem alternativas para adubação. Isto foi feito com redução acentuada dos níveis de adubação orgânica, com o incremento do uso de adubos sintéticos em substituição. Este fato tem sido entendido como o que possibilitou ao fungo em questão, normalmente presente no solo, mas mantido





sob controle a partir de mecanismos supressores e antagonistas estabelecidos pela biota do solo, viesse a se tornar um problema crônico nos sistemas de produção em questão.

Não há estudo avaliando de forma precisa o impacto desta doença na economia da produção de hortaliças na região, mas relatos de agricultores dão conta de que, em plantios de verão, as perdas de produção giram em torno de 40 a 60 %, fato este que pode ser facilmente observado de forma empírica através de visita a região na época em questão.

As alternativas que se apresentam referem-se a mecanismos que possam novamente proporcionar aporte de matéria orgânica aos sistemas de produção, no mínimo nos níveis anteriores. Isto pode ser tentado primeiro via produção de materiais na própria unidade de produção agrícola, qual seja utilização de rotação de cultivos com plantas de cobertura de solo, quer com sistema de preparo do solo convencional ou de plantio direto, ou de um segundo modo utilizando-se fontes de matéria orgânica disponíveis na região. Para isto destaca-se a ampla disponibilidade de resíduos de cervejaria (bagaço de cevada, levedo de cerveja, terra infusória e lodo), considerando a existência de duas fábricas na região (Teresópolis e Petrópolis) e outra em município fora da região em questão mas vizinho a Nova Friburgo (Cachoeiras de Macacu).

Outra possibilidade de material orgânico disponível na região refere-se a restos de abatedouros de aves adequadamente compostados, disponível no município de São José do Vale do Rio Preto, onde diferente do que ocorreu em Bom Jardim, em que o pólo avícola baseava-se na integração com uma única indústria, neste município esta produção se manteve acoplada a estrutura de pequenos abatedouros. Em decorrência dessa atividade são gerados mais de 6 t por dia de penas, vísceras, sangue, ovos estragados e pintos e frangos mortos, a partir dos quais são produzidos os compostos orgânicos. Em face da magnitude da quantidade compostada, o NPTA vem também integrando esforços no sentido de gerar informações sobre o processo de compostagem, a qualidade do produto final e sobre o impacto do uso na qualidade do solo. Assim, apesar desta produção avícola, hoje existente neste município, não ter condições de atender plenamente a demanda regional por esterco/cama de aviário, trabalho articulado entre a Prefeitura deste município, Emater-Rio e Associação Horta Orgânica, tem disponibilizado composto orgânico produzido a partir de restos orgânicos dos referidos abatedouros.

Destaca-se também como atividade do NPTA o apoio a outros municípios, a exemplo, de Petrópolis, no que tange a gestão de resíduos orgânicos e utilização em hortas comunitárias.

Com outra vertente, resultados de literatura (May et al., 1997; Lima et al., 1997; Hasse, 2005) apontam a possibilidade de controle do referido patógeno de solo a partir de duas abordagens fitotécnicas, uma pelo favorecimento a melhor drenagem do terreno, no que plantios em camalhão podem ser uma alternativa interessante, e outra pelo uso de rotações que incluam o pré-cultivo de plantas medicinais ou aromáticas, com efeito inibidor sobre o desenvolvimento do fungo, neste sentido destacam-se plantas como a salsa e o coentro.

Nova Friburgo destaca-se ainda como importante pólo produtor de flores de corte (rosa, palma, crisântemo, samambaia, copo de leite, gipson, tango e áster), representando, segundo levantamento da Secretaria de Agricultura deste município, 240 ha de área plantada (PMNF/SMA, 2004), em quase toda sua totalidade localizada em seu quinto distrito. Esta produção, apesar de expressiva, e contribuir significativamente para a geração de renda no meio rural deste município, caracteriza-se por padrões de qualidade aquém do desejado, o que determina que esta produção em seu principal mercado, a cidade do Rio de Janeiro, seja em muito preterida em função da produção de flores de corte oriunda do estado de São Paulo.

Avalia-se que o uso inadequado, e muitas vezes excessivo, de agrotóxicos e fertilizantes minerais solúveis, seja a principal causa da qualidade aquém da desejada das flores de corte de Nova Friburgo. Isto, aliado a ocorrência de processos erosivos dos solos, podem ser apontados como os principais fatores limitantes dos cultivos de rosas e outras flores de corte neste município. Exemplo disto é experiência já desenvolvida na região pela equipe técnica da Embrapa nos anos de 2005 e 2006, onde através de procedimentos de campo para a racionalização de uso de fertilizantes nitrogenados e seus impactos na qualidade das hastes de rosas, pode-se verificar que apenas o uso de misturas de pó de rocha aliado à uréia, fez com que a quantidade de fertilizante aplicado pudesse ser diminuída em 50% em relação à dose antes usada pelos agricultores.

No que se refere por sua vez a produção orgânica na Região Serrana, esta aparece no estado do Rio de Janeiro como principal pólo produtor e irradiador para outras regiões, face a seu pionerismo nesta área



citado anteriormente. Este fato favoreceu em grande medida uma maior aproximação deste então, destes agricultores com pesquisadores de diferentes instituições que se dedicavam a uma pesquisa por uma agricultura com baixo uso de insumos externos a unidade de produção agrícola (Frade, 2000), favorecendo o debate, a troca de experiências e o fortalecimento de iniciativas em busca de uma agricultura de base agroecológica.

Destaca-se aqui, no município de Bom Jardim, a microbacia do Pito Aceso que foi uma das comunidades pólo de atuação inicial da Rede Agroecologia Rio. Esta comunidade, caracterizada por agricultores tradicionais, a priori classificados como orgânicos, independente de certificação como tal na medida que não utilizavam desde então insumos sintéticos. Os sistemas de produção predominantes caracterizados a partir do diagnóstico rápido participativo dos agroecossistemas (DRPA), à época do primeiro projeto da Rede Agroecologia Rio, tinham como componente principal a utilização de queima para limpeza de terreno para novo cultivo agrícola após período de pousio de 5 a 10 anos. Contudo, em razão da legislação ambiental, os agricultores estavam com problema para continuidade desta prática, já que se deixassem mais de 5 anos, que é o tempo mínimo necessário para recuperar a qualidade do solo para cultivo, as árvores nativas atingiriam diâmetros que a legislação não permite o corte. Em razão disso, alguns trabalhos buscando alternativas foram realizados, com destaque para o pousio qualificado, utilizando leguminosas arbustivas de rápido crescimento (exóticas e nativa), visando reduzir o tempo de corte das árvores e atingir melhoria na qualidade do solo, para novos cultivos, e assim não ter problemas com a legislação.

As ações desenvolvidas na comunidade dos Albertos, em Petrópolis, e na microbacia do Pito Aceso, em Bom Jardim, possibilitaram a construção de novos conhecimentos, agregando as experiências prática e acadêmica, respectivamente, dos agricultores e pesquisadores. Ao longo dessa trajetória buscou-se aprofundar a transição agroecológica de sistemas de produção orgânica com a incorporação de novas práticas de manejo que otimizassem os processos ecológicos e que favorecessem o desempenho produtivo e econômico das unidades agrícolas. De maneira geral, os conceitos trabalhados foram bem recebidos pelos agricultores, que adaptaram algumas das práticas avaliadas para a sua realidade.

Todavia, destaca-se algumas dificuldades, como a limitada disseminação das experiências realizadas junto a outros agricultores, em parte decorrente da reduzida experiência do grupo de pesquisadores com a utilização de métodos construtivistas. Isto associado a dificuldade de conciliação do tempo disponível de pesquisadores e agricultores. Há que registrar ainda a falta de tradição associativa dos agricultores, restrita, no caso dos agricultores orgânicos certificados da comunidade dos Albertos, a algumas ações colaborativas no que concerne a comercialização (Guerra et al. 2007),

Por outro lado, os mesmos autores acrescentam que, a partir da realização desses trabalhos tornou-se possível debater conceitos de conservação de solo junto aos agricultores, disponibilizando aos mesmos novas opções de manejo que favoreçam a introdução de práticas de caráter agroecológico, principalmente considerando, que nesta região concentra-se o principal núcleo de produção orgânica fluminense, e que esta historicamente tem se apresentado como importante espaço para validação de alternativas tecnológicas que favoreçam a conservação ambiental, bem como de exercício de novas formas de comercialização.

Em adendo, verifica-se a partir destas experiências que a oportunidade de conduzir ações participativas estimulam a sensibilidade dos pesquisadores no sentido de buscar soluções locais para superar as dificuldades encontradas pelos agricultores na incorporação de conceitos e técnicas que potencializem processos ecológicos na gestão espaço-temporal de unidades de produção de base familiar.

Entende-se portanto que propostas tecnológicas com base na agroecologia, aliadas a aportes metodológicos participativos que favoreçam a interação entre pesquisadores e agricultores, têm potencial de contribuir para reverter o quadro de riscos ambientais e econômicos da agricultura familiar da região serrana fluminense, além de diversificar a produção e, conseqüentemente, as fontes de renda dos produtores.

## **5. COMENTÁRIO FINAL**

Para efetivar a integração entre os Pesquisadores da Embrapa com as outras Instituições de Pesquisa, órgãos de Extensão e com os agricultores da região, a Embrapa Agrobiologia disponibilizou dois pesquisadores para atuarem integralmente nesse núcleo.



A proposta de aproximação da estrutura de pesquisa da Embrapa e das áreas de produção, a exemplo do NPTA, tem um caráter inovador na estrutura da empresa. Apresenta alguns desafios passíveis de serem superados no que se refere a logística administrativa e de infra-estrutura, ao mesmo que representa promissora experiência no sentido de potencializar a articulação da pesquisa agrícola do setor produtivo.

Historicamente, analisando-se a trajetória de implantação da Embrapa, verifica-se em seu momento inicial que a proposta foi de localizar suas unidades de pesquisa próximo a áreas de produção. Sem aprofundar nesta análise, percebe-se uma tendência mais recente de aproximação da Embrapa de grandes centros urbanos, com destaque para proximidade junto as Universidades. Isto muito devido a dificuldades de manutenção de quadros técnicos em locais com poucos atrativos ao desenvolvimento técnico e pessoal destes.

Neste sentido, a experiência do NPTA apresenta caráter inovador ao aproximar os poderes públicos municipal e federal na busca de soluções tecnológicas que contribuam para o desenvolvimento rural regional sustentável, ao mesmo tempo em que aproxima a pesquisa com as demandas concretas dos agricultores, sem desprender esta do ambiente acadêmico.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AHRENS, D. C.; SKORA NETO, F.; RIBEIRO, M. de F.S.; COSTA, A., PEIXOTO, R. T.G.; MILLÉO, R. D.S.; BENASSI, D.A.; CAMPOS, A. C.; GOMES, E.P; OLIVEIRA, C.F.de. Reflexões sobre a pesquisa participativa. **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, n.1, p.89-92, 2007.

ALTIERI, M, A, **Agroecologia** - As bases científicas da agricultura alternativa, Rio de Janeiro: PTA-FASE, 1989, 237p.

ASSIS, R. L. de. **Agroecologia no Brasil**: análise do processo de difusão e perspectivas. 2002. 150f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada – área de concentração em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas.

Assis, R. L. de; Romeiro, A. R. Agroecologia e Agricultura Familiar na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.43, n.1, p.155-177, 2005.

CANUTO, J, C, **Agricultura Ecológica en Brasil** – Perspectivas socioecológicas, Córdoba: Instituto de Sociología y Estudios Campesinos (ISEC) – Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes (ETSIAM), 1998, 200p, Tese de Doutorado.

CASTRO, J.S.M. **Prática do uso de agrotóxicos no Município de Cachoeiras de Macacu** - Rio de Janeiro- Um Estudo Ambiental. 1999. Dissertação de Mestrado em Ciência Ambiental.PGCA-UFF. Niterói.

FEIDEN, A.; ALMEIDA, D. L. de; VITOI, V.; ASSIS, R. L. de. Processo de Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Sistemas de Produção Orgânicos. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.19, n.2, p.179-204, 2002.

FRADE, C. O. **A Construção de um Espaço para Pensar e Praticar a Agroecologia na UFRRJ e seus Arredores**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), 2000. 170p. (Dissertação de Mestrado).

FRIEDRICH, K.; GOHL, B.; SINGOGO, L.; NORMAN, D, **Desenvolvimento de Sistemas Agrícolas**: uma abordagem participativa da assistência a pequenos agricultores, Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995, 36p, (Agricultores na Pesquisa, 6).

GUANZIROLI, C.; ROMEIRO, A.; BUAINAIN, A.M.; DI SABBATO, A.; BITTENCOURT, G. **Agricultura familiar e Reforma Agrária no Século XXI**. de Janeiro: Garamond, 2001.

GUERRA, J. G. M.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L. de; ESPINDOLA, J. A. A. Plantas de Cobertura como Instrumento para a Valorização de Processos Ecológicos em Sistemas Orgânicos de Produção na Região Serrana Fluminense. **Agriculturas**, Rio de Janeiro, 2007, v.4, n.1, p.24-28, 2007.



- HASSE, I. **Quantificação de Plasmodiophora brassicae e uso de Plantas Medicinais para Controle da Doença**. 2005. 96f. Tese (Doutorado em Agronomia – área de concentração em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Novo Retrato da Agricultura Familiar- O Brasil Redescoberto**. Disponível em <<http://200.252.80.30/sade/>> acessado em agosto de 2007.
- LACKI, P. Desenvolvimento Agropecuário: da dependência ao protagonismo do agricultor, Santiago, FAO, 1995, 15p.
- Levigard, 2001
- LIMA, M. L. R. Z. C. ; MAY, L. L. ; LOLIS, R. . Controle físico e biológico da hérnia das crucíferas (Plasmodiophora brassicae Woron) na região metropolitana de Curitiba-PR. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 83-87, 1997.
- MAY, L. L. ; SILVA, J. ; LIMA, M. L. R. Z. C. . Avaliação de diferentes formas de controle de Plasmodiophora brassicae em couve-chinesa em condições de casa de vegetação. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 9-14, 1997.
- PERES, F. **É Veneno ou é Remédio?** Os desafios da Comunicação Rural sobre Agrotóxicos. 1999. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. ENSP / FIOCRUZ. Rio de Janeiro.
- PETERSEN, P. **Pesquisa Participativa**: um conceito em evolução, Texto apresentado na Conferência Internacional sobre Agricultura Sustentável em Regiões Tropicais e Subtropicais com referência especial para América Latina, Rio de Janeiro, 9 a 13 de março de 1998. Rio de Janeiro, AS-PTA, 7p, 1998, mimeo.
- PETERSEN, P.; SILVEIRA, L, Desafios Teórico-Metodológicos na Pesquisa em Agroecologia, In: Encontro Internacional sobre Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, 1,, 2001, Botucatu, **Anais,,** Botucatu: FCA/UNESP, 2001, 12p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA FRIBURGO / SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA. Cadastro Geral de Produtor Rural. Nova Friburgo: PMNF/SMA, 2004. 26p. Mimeo.



## **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

Tabela 1 – Principais municípios da região serrana fluminense, número de estabelecimentos familiares e patronais, área total ocupada pelos estabelecimentos, percentual da área total que é ocupada pelos estabelecimentos familiares e percentual de estabelecimentos que auferem rendas baixas ou quase sem renda.



## **PROGRAMA ASSOCIAR – ASSOCIATIVISMO E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL**

**Selmo de Oliveira Santos<sup>(1)</sup>**

(1) Zootecnista, Secretário Municipal de Agricultura – Av. Alberto Braune, 225 – Nova Friburgo – RJ  
CEP: 28613-001. e-mail: agricultura@pmnf.rj.gov.br

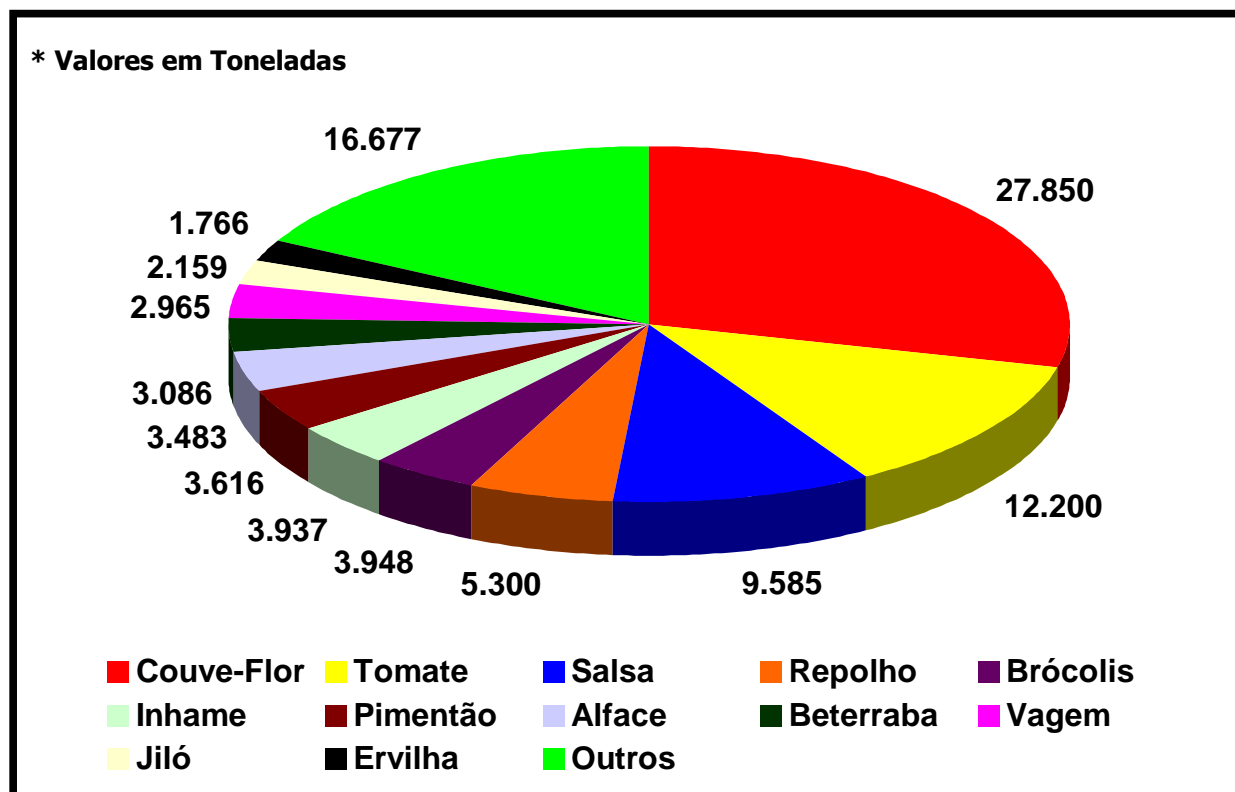
**RESUMO:** O PROGRAMA ASSOCIAR – Programa Municipal de Apoio ao Associativismo Rural, surgiu em 2001 da necessidade de criar uma estruturação agrária no município de Nova Friburgo – RJ, para permear ações públicas baseadas em demandas verdadeiras que seriam levantadas no CGPR – Cadastro Geral de Produtores Rurais, que seria realizado pela Secretaria Municipal de Agricultura no ano de 2002. O município é um dos maiores produtores de hortaliças, legumes e flores do Brasil, onde 95% desta produção é oriunda da agricultura familiar. Até o ano de 2000 nenhuma política pública procurou ordenar esta grande produção, ficando as comunidades locais completamente ilhadas em seus problemas e desafios e, em casos raros, algumas procuraram se organizar de forma muito precária e incipiente, não existindo a mínima possibilidade de integração no município. A partir de 2003 o Programa Associar busca a integração das associações criadas, reativadas e desenvolvidas que hoje somam 31(trinta e um), formando a maior rede associativista municipal que se tem notícia no Brasil, onde desenvolveu-se o CONRURAL – Conselho de Dirigentes de Associações de Produtores Rurais e o CMDRS – Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável. Desta forma, o desafio que se impõe ao PROGRAMA ASSOCIAR é buscar a sustentabilidade, através da continuidade do pensamento associativista, a busca por sucessores dentro das 118 comunidades envolvidas no Programa e a manutenção da estruturação agrária, onde os agricultores familiares demandam de forma organizada, através desta capilaridade social, propostas para o poder público municipal.

**Palavras-chave:** Associativismo; agricultura familiar; sustentabilidade.

### **Introdução**

Situado no centro do Estado do Rio de Janeiro, na Região Serrana, o município de Nova Friburgo possui uma altitude média de 850 m e tem cerca de 950 Km<sup>2</sup>, distribuídos em 8 distritos com cerca de 118 localidades rurais. O clima é tropical de altitude com chuvas acima de 1.800 mm, distribuídas normalmente entre os meses de setembro a maio, sendo de meados de maio a agosto um período seco. As temperaturas médias ficam em torno de 18°C, sendo a média de verão 24°C e de inverno em torno de 13°C. O solo caracteriza-se como Latossolo amarelo em sua maioria, com boa aptidão nas áreas de baixada, tendo encostas que também são comumente exploradas para o cultivo de olerícolas. Nova Friburgo possui ainda 65% de seu território coberto pela Mata Atlântica, sendo a segunda maior área contínua do Estado. O município faz parte do Parque Estadual dos Três Picos e possui três áreas de Proteção Ambiental. A população estimada é de 180 mil pessoas com densidade de 182 hab./Km<sup>2</sup>, tendo 85% da população nas áreas urbanas e 15% nas áreas rurais.

Neste cenário, 2.484 produtores rurais desenvolvem em 1.268 propriedades produtivas as seguintes culturas mais importantes:



Fonte: PMNF-RJ — Secretaria Municipal de Agricultura/2004.

**Figura 1.** Produção Anual de Olericultura e Grãos nas propriedades rurais cadastradas no município de Nova Friburgo, RJ 2002/2003.

Com esta imensa produção de alimentos torna-se da maior responsabilidade a manutenção do processo de estruturação agrária em Nova Friburgo – RJ. Desenvolver uma atividade agrícola tão expressiva dentro de uma área de Mata Atlântica demanda fortes conceitos de desenvolvimento sustentável que estão sendo implantados e desenvolvidos junto ao agricultor familiar, aumentando sua percepção para a proteção ambiental e o conceito do uso social da terra.

### **O Associativismo Como Base Do Processo De Desenvolvimento Sustentável**

A grande produção agrícola no município de Nova Friburgo impressiona não somente pelos mais de 120 itens cultivados, mas também pelos índices de produtividade relevantes. Os agricultores familiares dedicam todo o seu tempo entre o preparo da área, plantio, tratos culturais, colheita, embalamentos, caixaria, ensacamento, formação de pregados e outros, o transporte e a fase mais difícil, a comercialização. Em uma roda viva como esta, torna-se muito difícil ter tempo individualmente, para buscar resultados com políticas públicas, nas áreas de infra-estrutura, saúde, educação, assistência técnica, lazer. A proposta associativista do PROGRAMA ASSOCIAR é identificar latentes lideranças locais, ter a percepção das comunidades que possuem um perfil associativista, e desenvolver coletivamente este aspecto relevante, criando mecanismos e instrumentação social para a cristalização destas tendências, democratizando o acesso à decisão, se das políticas públicas. Neste cenário, o associativismo se apresenta como forma de desenvolvimento rural, onde além da expressão das necessidades locais, se expressa também atores relevantes em uma comunidade, favorecendo o exercício da cidadania, buscando metas coletivas e consolidando vocações autóctones para lideranças locais.



## Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

### Situação Do Associativismo Rural Até O Ano De 2000

Quando do levantamento em 2001 da chamada na época, **Situação que Temos**, foi descortinado um clima de animosidade nos pequenos grupos que se formavam na agricultura familiar no município de Nova Friburgo. Nas 06 associações existentes havia um completo isolamento entre as mesmas, tendo seus respectivos presidentes, extrema dificuldade em manter as suas entidades, devido ao ceticismo para ações de políticas públicas locais em suas comunidades, a ponto de o então Conselho Rural, criado no ano de 1997 pela Lei Municipal nº 2.911, não ter, inexplicavelmente até o ano de 2000, sequer realizado uma reunião. Para piorar a situação o Conselho era o que chamamos de “chapa branca”, isto é, a maioria dos seus membros era indicada pelo poder público, resultando na perda, pelo município, de recursos do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF Infra-estrutura, na ordem de R\$ 600.000,00 e no engessamento de qualquer possibilidade de participação majoritária da sociedade rural organizada. Os presidentes das Associações Rurais existentes, embora enfrentassem as mesmas dificuldades, sequer se conheciam ou tinham qualquer tipo de contato, mesmo freqüentando os mesmos locais, como feiras, CEASA, lojas de vendas de produtos agropecuários, dias de campo, etc.

Existem casos típicos de comunidades cujas associações eram rivais. Como o caso da pequena comunidade de Vargem Alta, onde havia duas associações e a rivalidade era extremamente aflorada, por interesses políticos e pessoais. As 6 associações existiam no município, mas a cultura associativista não era praticada, não existindo um tecido social que permeasse ações comuns, contribuindo para que a vertente agrícola do município nunca sentasse à mesa com o Poder Público para externar suas demandas, embora o segmento contribuísse de forma significativa para o desenvolvimento do município de forma indigente, até porque o município não tinha idéia quantitativa do que produzia, quanto mais de quem produzia.

Uma definição mais clara da agricultura familiar era ausente, bem como suas mais variadas formas de se relacionar com o mundo e a natureza, o que formaria uma identidade social que iria além do plantar e colher e o aspecto meramente econômico da atividade agrícola.

### Ações Iniciais do Programa Associar

No ano de 2001 foi organizada uma reunião para uma apresentação aos presidentes das 06 associações existentes do PROGRAMA ASSOCIAR. Os dirigentes tiveram a oportunidade de se conhecerem e trocaram olhares desconfiados e céticos quanto ao Programa, mas perceberam que pelo menos ouviram algo diferente. Convencer dirigentes rurais isolados e desarticulados que as ações da Secretaria Municipal de Agricultura viriam de demandas oriundas das associações de produtores, ainda não estavam no universo de compreensão deles já que os mesmos eram muito enfraquecidos, além disso, ouviam que a associação não servia para nada. Algumas reuniões do Programa se sucederam e foi proposta a instalação do Conselho Rural já que o mesmo existia, mas sequer tinha membros nomeados e no início nem produtores para nomear existia, pois os dirigentes da época ainda não tinham digerido o Programa Associar, ainda mais ser membro de um Conselho Municipal.

O objetivo inicial do Programa era identificar e promover multiplicadores para a nova forma de gestão pública na área rural, onde a participação da comunidade era fundamental no processo de adoção do Programa. Após a apresentação do Programa para os dirigentes rurais, o mesmo foi apresentado nas comunidades, o que já foi um acontecimento inédito, a participação de gestores públicos em reunião de associação, coisa que só acontecia em época de eleição, oferecendo as costumeiras promessas.

As primeiras tímidas demandas foram apontadas em reuniões com pouco mais de 10 pessoas presentes, muito das vezes parentes bem próximos ao Presidente, onde a desmobilização era visível. Após as reuniões realizadas nas 06 associações existentes na época, apenas 12 demandas foram apontadas. O Programa ASSOCIAR trabalhava paralelamente a apresentação do mesmo nas comunidades e a identificação dos membros do Conselho Rural, visando empossá-los o mais breve possível, até porque seria importante a validação das propostas oriundas dos agricultores familiares das diferentes associações em um órgão oficial que era o Conselho Rural.





## Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

Ainda no ano de 2001 em um clima muito festivo e de muita esperança, diversas entidades das mais variadas esferas estiveram presentes naquele que seria o maior passo que o município daria para o desenvolvimento sustentável: A posse do CMDR – Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural que, embora criado em 1997, não realizara sequer uma reunião nestes 3 anos de existência.

A partir de então estava disponível a ferramenta indispensável para inserção de uma das maiores vertentes econômicas do município na mesa de discussão das políticas públicas locais, ampliando na prática o horizonte de percepção do agricultor familiar, que além da atividade meramente mercantil da agricultura, poderia alcançar junto com sua família, a complexa relação com a natureza e o desenvolvimento sustentável.

### **O Programa Associar Plenamente Estabelecido E Consolidado.**

Decorridos 7 anos de sua implantação, O PROGRAMA ASSOCIAR colhe frutos em abundância em todo o município. O conselho rural hoje se denomina CMDRS – Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável e está em sua 37ª Reunião, não é mais denominado “chapa branca”, pois a sociedade civil organizada tem maior número de representantes que o Poder Público. Isso favoreceu a compra, pelo Banco da Terra, da FAZENDA RIO GRANDE por 47 agricultores familiares, através do sistema do Crédito Fundiário.

As 6 Associações iniciais permanecem fortalecidas, com reuniões ordinárias e concorridas, mas agora em companhia de mais 25 formadas totalizando 31 Associações de Pequenos Produtores Rurais no município. As demandas das comunidades são encaminhadas pelas suas Associações para a Secretaria Municipal de Agricultura e é sempre avaliada nas reuniões do CMDRS.

Dentre as 25 Associações formadas pelo PROGRAMA ASSOCIAR cada uma delas fez ações contundentes para o desenvolvimento sustentável no município; no caso da Associação de Produtores de Morango, o grupo se organizou com diversas parcerias e realizaram missões técnicas por vários Estados Brasileiros, introduzindo 6 novas variedades de cultivo pois, há mais de 30 anos só conheciam uma (Dover) e trouxeram novas tecnologias que aumentaram a produtividade, como o uso do cultivo protegido, reduzindo em 80% o uso de agrotóxicos, aumentando a renda familiar e entregando um produto com mais sanidade no mercado.

A união das duas Associações de Produtores Rurais de Vargem Alta que antes se rivalizavam e agora formam uma única, unida e concorrida Associação, denominada FLORALTA e com alta frequência de associados foi determinante para a chegada na localidade da 1ª Escola de formação em floricultura no nível fundamental e para o asfaltamento de 6,5 Km da estrada que escoia 70% das flores produzidas no Estado do Rio e torna nosso município conhecido como o segundo maior produtor de flor de corte do país. O município hoje realiza, com a FLORALTA, a FESTA DA FLOR que está em sua 8ª Edição, sendo o maior evento da Floricultura no Estado. Já existem discussões avançadas inclusive com capacitação de técnicos para transformar a FLORALTA em uma Cooperativa.

A APROSACE - Associação de Agricultores Familiares de Santa Cruz e Centenário hoje possui sede própria e, em uma reunião específica, cedeu parte de sua área para instalação do NPTA - Núcleo de Pesquisa e Treinamento para Agricultores, onde pôde se estabelecer um posto avançado da EMBRAPA, empresa estatal de pesquisa agropecuária, de excelência reconhecida mundialmente. Este esforço coletivo da prática associativista, promovido pelo PROGRAMA ASSOCIAR, possibilitou que uma empresa deste porte se instalasse dentro de um dos maiores bolsões de cultivo de Olericultura da América do Sul, com uma inovadora proposta de pesquisa participativa.

Com a consolidação do PROGRAMA ASSOCIAR veio a credibilidade no poder público municipal e a Secretaria de Agricultura pôde implantar 7 (sete) Programas Municipais que estão em pleno funcionamento:

### **CGPR – Cadastro Geral De Produtor Rural**

O Cadastro Geral de Produtor Rural – CGPR teve por objetivo traçar um perfil das propriedades produtivas do município de Nova Friburgo, buscando informações sobre a localização das mesmas, titularidade, posse e uso da terra, tecnologias utilizadas, escolaridade, sexo, grau de associativismo,



## Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

tamanho, altitude, longitude, latitude por GPS e especificidades de produção. É o único implantado em todo Estado e sistematicamente atualizado.

### **Escoar**

É o Programa Municipal de Apoio ao Escoamento da Produção Agrícola.

Cerca de 800 km de estradas são cuidadas todos os anos, para garantir o escoamento de nossa produção.

Há relatos em todos distritos do município que se perdia em torno de 20% da produção agrícola por falta de condições de tráfego nas estradas vicinais. Não há relato nos últimos anos em nenhuma das 31 Associações de produtores rurais que esta prática tenha acontecido, evitando um prejuízo de mais de R\$ 40.000.000,00.

### **Pró-Orgânico**

É o Programa Municipal de Apoio à Agricultura Orgânica que permite ao produtor rural fazer a migração gradativa do cultivo convencional para o cultivo orgânico. Embora apenas 5% da produção do município seja orgânica com a chegada da EMBRAPA em especial do Núcleo da Agrobiologia espera-se que esta modalidade avance em todos os distritos. Em Nova Friburgo, foi criada a ABIO – A primeira certificadora brasileira para produtos orgânicos.

### **Pró-Rural**

É o Programa Municipal de Socialização Rural. Realiza-se o Cadastro de Produtor Rural; faz-se a DECLAN - Declaração Anual de Produção Agrícola, orienta-se a respeito de posse e título da terra com informações e normas sobre o ITR- Imposto Territorial Rural, enquadramento de propriedade dentro dos critérios do INCRA- Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária e também agiliza-se a documentação para aposentadoria rural e benefícios sociais em geral..

### **Frutificando**

É o Programa Municipal de Apoio à Fruticultura, inicialmente as culturas de morango, caqui e goiaba.

Diversas excursões foram realizadas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, levando produtores rurais para observar diferenciados cultivos e introduzir novas tecnologias em nosso município. No caso do cultivo de morangos, grande parte do cultivo agora é feito em estufins, sendo a primeira experiência no Estado do Rio de Janeiro, trazendo novas variedades e a redução de até 80% no uso de agrotóxicos.

### **Festa Da Flor**

Criada em 2001, a Festa da Flor está na sua 8ª Edição sendo o único evento da floricultura na região. É uma culminância de tudo que é cultivado no município e tem como objetivo promover o segmento agrícola. Com uma visitação média 50 mil pessoas por Edição, todos visitantes podem observar pela exposição de legumes, hortaliças flores e frutas a força da agricultura familiar local.

A Festa da Flor hoje é o maior evento da floricultura no Estado.

### **Meu Talão**

É um Programa de Apoio à Arrecadação Municipal que dá condições ao produtor rural ter o seu próprio talão.

A cerca de três anos produtores rurais que desejavam ter o seu próprio talão, a Secretaria de Agricultura doou gratuitamente os dois primeiros talões. Até o ano de 2001 cerca de 90% da produção agrícola do município não era declarada, prejudicando consideravelmente os repasses de ICMS para o município. Com a participação das Associações de produtores rurais incentivando seus associados para que tirassem a nota fiscal de seus produtos, em último levantamento da Secretaria municipal de Agricultura este número chegou a 30% em 2007.



## **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**

10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro

### **Desafios Do Programa Associar**

Com produtividades excelentes nas pequenas propriedades rurais e fazendo uso de tecnologias industrializadas, como agrotóxicos de última geração, fertilizantes sintéticos, mudas controladas geneticamente por empresas multinacionais com possibilidade cada vez mais clara do aumento do custo de produção, a degradação ambiental notadamente a água e o solo, já que práticas conservacionistas extremamente raras, contribuem para taxas de erosão preocupante. Existe hoje um ambiente notadamente favorável, face a cultura associativista, para reversão deste quadro, o uso racional, criterioso da água por se tratar hoje conforme a legislação um bem de domínio público, o manejo e uso do solo com avaliação de fertilidade correta bem como, recomendação de calagem e adubação com prescrição responsável ou ainda melhor, uma sistemática de práticas agroecológicas que resgate o cultivo tradicional, em bases científicas e que promova seres humanos desenvolvidos e conscientes, sabedores de que a terra é um bem da vida, da existência, e que não existe apenas para a expropriação extrativista e que entenda de forma definitiva, que não haverá vida no planeta sem um solo fértil e água para todos.

Com o município agora completamente integrado, com um grau de socialização rural aflorado e uma instrumentação institucional com credibilidade coletiva os rumos do associativismo em Nova Friburgo – RJ deve seguir os seus passos dentro do princípio da sustentabilidade a que se propôs originariamente o PROGRAMA ASSOCIAR e que neste cenário de grandes desafios se apresenta como um instrumento do bem.

### **Referência Bibliográfica**

PREFEITURA MUNICIPAL DE NOVA FRIBURGO/ SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA.  
CGPR - Cadastro Geral de Produtor Rural: PMNF/SMA, 2004.26p.Mimeo.