

# Dimensões Humanas da Biodiversidade

---

O desafio de novas  
relações sociedade-natureza  
no século XXI



# Dimensões Humanas da Biodiversidade

---

O desafio de novas  
relações sociedade-natureza  
no século XXI

organizadoras:

**Irene Garay e Bertha K. Becker**



Petrópolis, 2006





**Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ**

Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – PR2

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Instituto de Biologia – Departamento de Botânica

Laboratório de Gestão da Biodiversidade – GESBIO

Instituto de Geociências – Departamento de Geografia

Laboratório de Gestão do Território – LAGET



**Ministério do Meio Ambiente – MMA**

Secretaria de Biodiversidade e Florestas

Diretoria de Conservação da Biodiversidade

**IUBS**

**União Internacional de Ciências Biológicas – IUBS**

Copyright © by Irene Garay

Dereitos de publicação: Editora Vozes

Ficha catalográfica elaborada por

---

Garay, Irene E. G. e Becker, B. K.

As Dimensões Humanas da Biodiversidade.

O desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI/

Irene Garay e Bertha K. Becker

Petrópolis: Editora Vozes, 2006

1. Gestão da Biodiversidade 2. Dimensões Humanas 3. Conservação e uso sustentável 4. Novas formas de Gestão

---

ISBN 85.326.3285-8

Programação visual: Claudio Bastos

Fotos da Capa: Marcos Amend (1); Luis Cláudio Marigo (2, 6); José Caldas (3, 4, 5, 7).



## O Caso das Savanas Tropicais da América do Sul: Quando a Sustentabilidade Econômica e Ecológica Não é Suficiente

Guillermo Sarmiento<sup>1</sup> e Marcela Pinillos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes.

Núcleo La Hechicera, Mérida 5101, Venezuela.

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, UFRGS.

<sup>1</sup>E-mail: sguille@ula.ve

<sup>2</sup>E-mail: marcela.pinillos@gmail.com

### Resumo

O caso das savanas tropicais da América do Sul ilustra as complexas inter-relações entre as características ecológicas dos ecossistemas terrestres naturais e os seus usos. As savanas tropicais estão determinadas por um conjunto de limitações ambientais, i.e., marcada sazonalidade das precipitações, períodos de excesso e déficit hídrico no solo, altas temperaturas e altas taxas de evapotranspiração potencial, conduzindo ao desenvolvimento de solos pobres em nutrientes e a queimadas recorrentes. Porém, as savanas tropicais são ecossistemas muito ricos em espécies, o que leva a considerar esta diversidade entre as mais importantes do mundo. Além da riqueza em espécies, a sua diversidade funcional é também elevada, devido a que as savanas se caracterizam por um expressivo mosaico de diferentes ecossistemas quando consideradas na escala espacial da paisagem.

O funcionamento das savanas influencia claramente as alternativas de uso da terra nas regiões que estas ocupam. Nas maiores regiões de savana tropical da América do Sul, os *Llanos Colombo-Venezolanos*, o Cerrado Brasileiro e os *Llanos de Beni* na Bolívia, um sistema produtivo baseado na criação extensiva de gado chegou a ser dominante desde 1700 até 1950. Os sistemas de fazendas, i.e. *hatos* na América hispana, foram ecologicamente sustentáveis porque exploraram enormes extensões de savana com cargas animais muito baixas; no entanto, foram também economicamente bem-sucedidos porque, uma vez assegurada a proprie-

dade da terra, o investimento e o custo em mão-de-obra foram desprezíveis. Porém, desde meados do século 20, o processo de “modernização” expandiu as economias regionais através da gradual substituição das savanas por pastagens manejadas e, posteriormente, por cultivos comerciais. A importância destes últimos é exemplificada pela espetacular expansão da soja sobre o Cerrado, processo alimentado pelo aumento incessante da demanda do grão no mercado internacional.

No início do século 21, uma proporção importante dos ecossistemas originais já fora transformada em pastagens e cultivos. A modernização também tem produzido uma crescente quantidade de *commodities*, mas se a tendência atual se mantém, no futuro próximo só poderemos ver savanas naturais nas poucas áreas legalmente protegidas, o que levará a uma perda notável e irreversível da biodiversidade do planeta assim como dos serviços ambientais que estes ecossistemas fornecem à sociedade. Concluímos, ainda, que a sustentabilidade deve ser ecologicamente robusta e economicamente rentável, porém, para ser atingida, certos paradigmas sociopolíticos, tais como o peso do mercado no delineamento da política de conservação e os objetivos do desenvolvimento, precisam ser considerados. Pensar de maneira reducionista a sustentabilidade, como sendo o produto bidimensional de ecologia e economia, sem considerar a complexa trama de idéias por trás da apropriação social dos recursos e do espaço é altamente perigoso para a conservação do que resta dos ecossistemas naturais.

## Introdução

No presente trabalho discutimos como as características estruturais e funcionais dos ecossistemas naturais afetam seu uso e como pressões socioeconômicas diversas podem conduzir a mudanças radicais dessas características, até o ponto de transformar completamente o sistema original. Para tratar esse complexo processo de transformação, ativo na interface entre os ecossistemas naturais e a apropriação da terra, nós adotamos uma abordagem sistêmica. Essa perspectiva considera o processo de transformação dos ecossistemas pelo uso humano dentro do quadro histórico das relações entre a natureza e a sociedade (Young e Solbrig, 1993; Sarmiento, 2000). A cada período histórico corresponde um conjunto de forças geradas pela sociedade que se manifestam segundo diferentes pressões socioeconômicas as que, por sua vez, são responsáveis pela conservação ou pela modificação dos ecossistemas, alterando parcial ou totalmente o seu funcionamento.

As savanas tropicais da América do Sul serão consideradas como um estudo de caso que sublinha os processos que põem em perigo a sobrevivência dos ecossistemas naturais terrestres e abalam a biodiversidade do planeta. Este caso demonstra como um tal risco pode afetar de maneira abrangente mesmo ecossistemas de extensão quase continental. Numa perspectiva histórica, até mui-

to pouco tempo atrás as savanas cobriam mais de 160 Mha no Cerrado Brasileiro, cerca de 50 Mha nos *Llanos Colombo-Venezolanos*, 13 Mha nos *Llanos de Beni* e áreas menores no sul da Venezuela, Guiana, Suriname e a Guiana Francesa (Figura 1).



**Figura 1.** As principais regiões de savana na América do Sul.  
1: cerrados brasileiros; 2: os *Llanos de Moxos*; 3: os *Llanos del Orinoco*; 4: a *Gran Sabana*; 5: savanas do Rio Branco-Rapununi; 6: savanas litorâneas da Guiana; 7: campos amazônicos; 8: os *Llanos del Magdalena*. Segundo Sarmiento (1984).

Na nossa argumentação, consideramos, primeiro e brevemente, os principais determinantes ambientais destes ecossistemas, suas peculiaridades funcionais, a sua riqueza florística e a diversidade nos vários níveis. Em segundo lugar, revisamos de maneira ampla as diferentes formas de uso, enfatizando como os recursos disponíveis – clima, solo, vegetação e fauna – foram apropriados. Finalmente, as conseqüências desta transformação nas suas espantosas taxas atuais, em termos de biodiversidade e bem-estar social, serão discutidas.

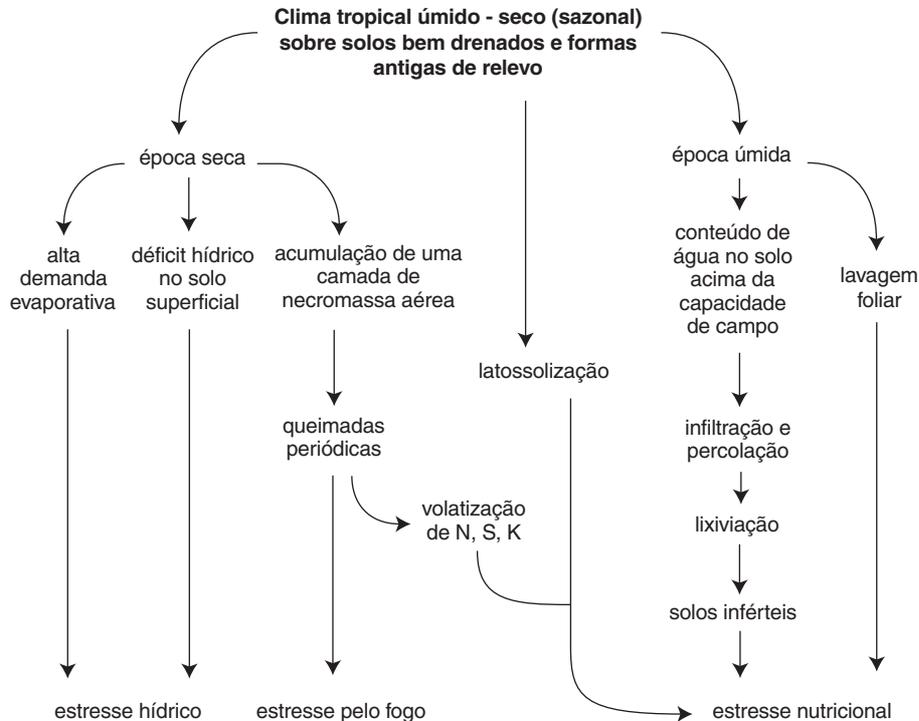
## **As características ecológicas das savanas tropicais da América do Sul**

### **Determinantes ambientais**

Por muito tempo, as savanas tropicais intrigaram biogeógrafos e ecólogos porque, sendo certamente sistemas não florestais, elas tampouco são sistemas limitados pela disponibilidade de água, como os arbustais espinhosos ou os desertos, nem pelas baixas temperaturas, como os páramos ou as tundras. Então, por que ocorrem as savanas tropicais? E como elas formam mosaicos mais ou menos complexos que incluem diferentes tipos de florestas e alagados? De fato, em contraste com as florestas, estes ecossistemas que misturam, em geral, componentes herbáceos e lenhosos e que, em certos casos, podem ser puramente herbáceos parecem estar determinados por uma constelação de fatores ambientais de diferentes origens. Podemos dizer que as savanas ocupam um hiperespaço ecológico onde muitos eixos ambientais operam para incidir sobre a sua extensão geográfica e sobre as suas características funcionais e estruturais (Sarmiento 1984, 1992; Walker, 1987; Solbrig *et al.*, 1996).

Um primeiro determinante ambiental deriva da marcada sazonalidade das chuvas, dando lugar a dois períodos bem diferenciados: um período úmido, quando as precipitações atingem valores muito altos, e um período seco, quando as precipitações são praticamente desprezíveis. Pelo contrário, as temperaturas médias diárias são altas o ano todo, com uma baixa variabilidade típica dos climas equatoriais. Essas altas temperaturas conduzem a uma elevada demanda evaporativa e, conseqüentemente, à diminuição da água disponível nas camadas superiores do solo durante a época seca (Figura 2). Inversamente, durante a época úmida, o solo atinge a saturação e, freqüentemente, mantém uma delgada coluna de água em superfície. A lixiviação que se produz durante a época úmida é responsável pelos solos ácidos e pouco férteis destes ecossistemas, o que submete a vegetação a um estresse nutritivo permanente. Finalmente e em resposta à longa estação seca, a acumulação de quantidades consideráveis de necromassa aérea, altamente inflamável, determina que o fogo seja um dos ritmos mais importantes do sistema.

Dentre os determinantes ambientais das savanas tropicais, cumpre ressaltar a importância capital dos nutrientes do solo, seja para explicar muitas das suas características ecossistêmicas, seja para compreender as diferentes alternativas de uso nas regiões onde elas dominam. Assim, os solos tipo latossolo extremamente inférteis, com baixos teores de cálcio e potássio e muito pouco fósforo disponível, predominam nos cerrados (Goedert, 1986). As espécies nativas se adaptaram de muitas maneiras a essas circunstâncias deficitárias de nutrientes (Sarmiento, 1984), mas as culturas intensivas demandam maciças adições de cálcio, para corrigir a acidez do solo, e crescentes quantidades de fertilizantes.



**Figura 2.** Os principais determinantes ambientais dos ecossistemas de savana tropical. Segundo Sarmiento *et al.* (1985).

### Características ecológicas

Muitos dos atributos funcionais e estruturais têm evoluído nos ecossistemas de savanas no sentido de superar o conjunto de restrições ambientais já mencionado. Sob vários aspectos, as savanas são notavelmente diferentes dos ecossistemas do trópico úmido e quente, aspectos esses que devem ser ressaltados para discutir a sua originalidade ecológica. Embora as savanas apresentem quantidades de biomassa cinco a dez vezes menores que as florestas tropicais, a sua produtividade primária aérea é surpreendentemente alta: ela pode atingir valores semelhantes aos das florestas, chegando às vezes a ser, ainda, maiores. Quanto à produção de biomassa subterrânea, ela é várias vezes superior à da maior parte dos ecossistemas florestais e, em geral, dos outros ecossistemas terrestres. Além do mais, processos ecológicos-chave como a decomposição e a mineralização diferem claramente quando comparados com outros ecossistemas: nas savanas, esses processos são acentuadamente sazonais e concentram-se no interior do solo, onde

a biomassa subterrânea é decomposta durante a época úmida, enquanto uma parte considerável da biomassa aérea produzida permanece sem se decompor e é consumida pelo fogo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Biomassa ( $t\ ha^{-1}$ ) e PPN ( $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ) em dois ecossistemas contrastantes: savanas e florestas tropicais.

	savana estacional	floresta sempre-verde de terras baixas
biomassa aérea	10 - 50	250 - 500
biomassa subterrânea	15 - 40	25 - 50
biomassa total	25 - 90	275 - 550
produção primária aérea	10 - 15	15 - 20
produção primária subterrânea	10 - 15	3 - 5
produção primária total	20 - 30	18 - 25
MOS (0-100cm)	150	150

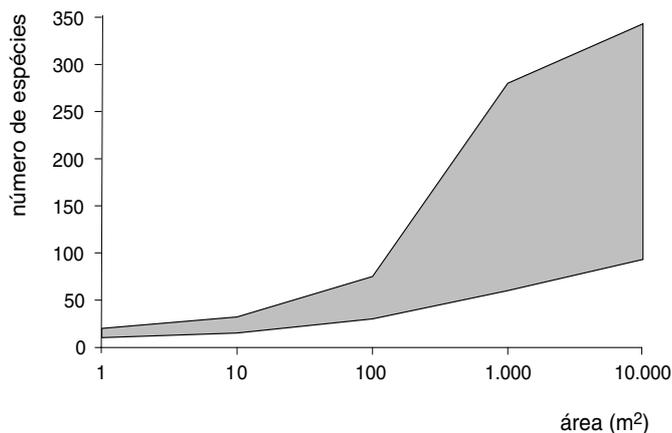
Um outro fato notável é a significativa quantidade de carbono ou de matéria orgânica do solo (MOS), que é tão alta nas savanas quanto nas florestas úmidas, sendo um sumidouro importante no balanço global deste elemento (Fisher *et al.*, 1994). No total, apesar das drásticas condições ambientais e da extrema pobreza dos solos, as savanas tropicais são capazes de fixar uma grande quantidade de carbono atmosférico, seqüestrando-o sob formas estáveis de compostos húmicos. Desta forma, esses ecossistemas naturais, altamente produtivos e muito diversos, fornecem com sucesso serviços ecológicos que respondem às demandas das sociedades contemporâneas, serviços tais como a proteção do solo, a regulação do balanço hídrico e a estabilização do balanço global de carbono. E, ainda, bens como frutas, forragem, fibras e medicamentos são diretamente fornecidos por muitas de suas espécies (Sousa Silva e Almeida, 1990). Além do mais, as espécies de savana possuem um enorme potencial evolutivo, considerando que a diversidade biológica parece exibir um comportamento de retroalimentação positiva quando vista no amplo horizonte temporal da evolução.

## Biodiversidade

Uma flora muito rica e particular evoluiu nas savanas da América do Sul, frequentemente relacionada filogeneticamente com a flora das florestas vizinhas, mas com uma proporção importante de espécies, feições e funções ecológicas

exclusivas (Sarmiento, 1983; Felfili e Silva Junior, 1993; Ratter *et al.*, 1997; Leite e Saito, 1997; Mendonça *et al.*, 1998). Na totalidade dos cerrados brasileiros, a flora vascular, ainda imperfeitamente inventariada, atinge, provavelmente, um número que oscila entre as 3.000 e as 7.000 espécies (Castro *et al.*, 1999), enquanto o número de plantas não-vasculares, fungos e outros microorganismos do solo, permanecem completamente desconhecidos.

Com a mudança da escala da análise, passando da extensão continental do bioma, na América do Sul ou no Brasil, à escala regional, foram inventariadas 360 espécies de plantas vasculares numa área de 1.225 ha, 516 espécies, em 342 ha e 358 espécies em somente 16 ha, resultados correspondentes aos cerrados do estado de São Paulo (Batalha *et al.*, 1997; Batalha e Mantovani, 2001; Mantovani e Martins, 1993). Finalmente, na escala local, em parcelas de 1 m<sup>2</sup> dos *Llanos* da Venezuela acima de 15 espécies de plantas vasculares podem coexistir, 25 a 35 espécies em 100 m<sup>2</sup>, acima de 85 em 1.000 m<sup>2</sup> e um número superior a 100 espécies em parcelas de 1 ha (Sarmiento, 1996) (Figura 3).



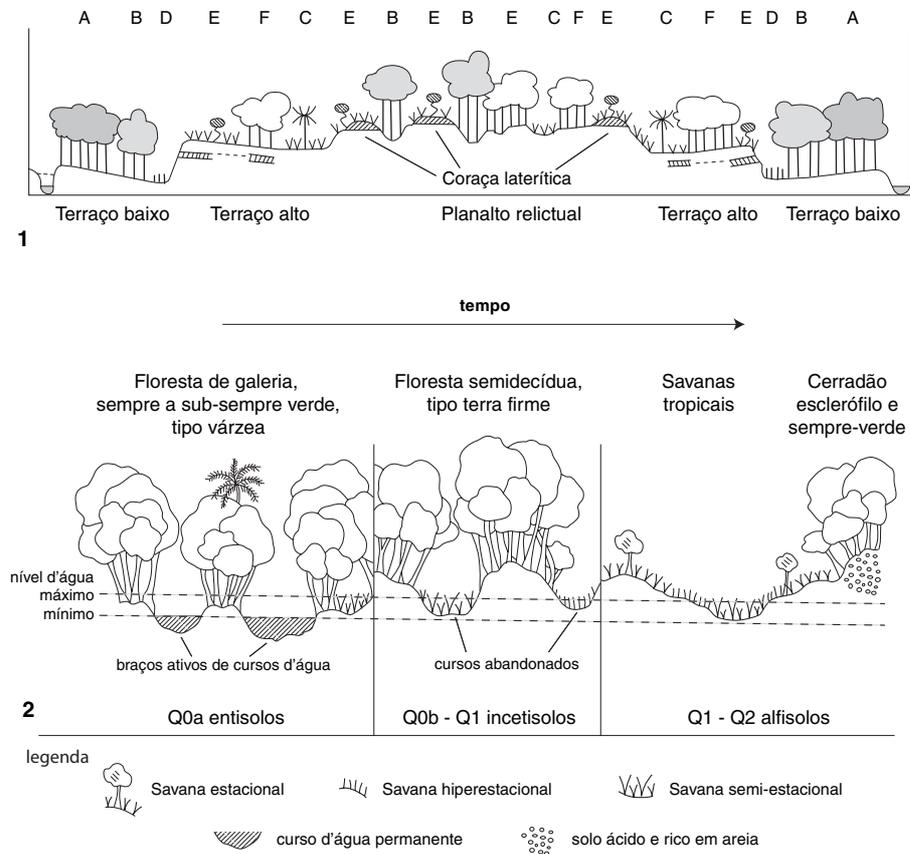
**Figura 3.** Número total de plantas vasculares em relação à área amostrada, em diferentes savanas tropicais americanas. A área cinza indica o intervalo de variação entre os diferentes locais.

Nos cerrados brasileiros, em São Paulo, 165 espécies de plantas vasculares foram listadas em 10 parcelas de Cerrado (400 m<sup>2</sup> no total), a metade delas sendo espécies lenhosas e as outras ervas e subarbustos (Batalha *et al.*, 2001), enquanto 141 espécies ha<sup>-1</sup> foram recenseadas em outra área (Weiser e Goody, 2001). No Brasil central, o número de espécies lenhosas variou entre 25-35 espécies em 1.000 m<sup>2</sup> e 55-75 em 1 ha, em seis locais diferentes (Felfili e Felfili, 2001),

enquanto 80 espécies de plantas lenhosas foram encontradas em 1 ha no estado de Mato Grosso (Felfili *et al.*, 2000). Levando em consideração que a relação entre lenhosas e não-lenhosas nas savanas brasileiras é pelo menos 1:1 e frequentemente 1:2 ou 1:3 (Batalha e Mantovani, 2001), a riqueza florística total pode bem atingir o dobro desses números (ver Figura 3). Uma tal riqueza florística é extraordinária: apesar de ser inferior àquela da maioria das florestas tropicais sempre-verdes, esta riqueza é muito mais elevada que a de quase todos os outros ecossistemas tropicais e, certamente, maior que a riqueza de grande parte dos ecossistemas temperados. Embora o levantamento florístico das savanas da América do Sul esteja longe de poder se considerar razoavelmente completo, a diversidade das regiões de savana no Cerrado sugere que qualquer área num hábitat particular mantém um conjunto único de espécies (Ratter e Dargie, 1992; Ratter *et al.*, 1996; Felfili *et al.*, 1997). É por isso que, após a total transformação das savanas num dado lugar, não existe garantia da conservação da mesma flora em outra área, visto que, mesmo com muitas espécies em comum entre as diferentes regiões, a maior parte das plantas vasculares desses ecossistemas evidencia uma distribuição regional e local altamente restrita.

Além da elevada diversidade genética e de espécies, as savanas exibem uma apreciável diversidade funcional, com grande variedade de formas de vida e estratégias adaptativas, o que lhes permite superar o efeito simultâneo do fogo, da reduzida disponibilidade de nutrientes e da pronunciada sazonalidade das precipitações. A importância desta diversidade obedece, sem dúvida, ao fato de que muitas das diferentes respostas da vegetação têm se constituído como resultado de uma complexa constelação de restrições externas e forças evolutivas. Assim, por exemplo, uma considerável variedade de estratégias fenológicas caracteriza a flora das savanas, com espécies diferentes entrando em fases reprodutivas e vegetativas durante momentos particulares de cada ciclo anual (Sarmiento e Monasterio, 1983; Batalha e Mantovani, 2000).

Ademais, a diversidade ao nível dos ecossistemas, que se refere aos diferentes tipos de savana que configuram uma unidade de paisagem, deve também ser considerada quando se trata da biodiversidade do bioma e de sua conservação. A diferenciação dos tipos de savana, em termos florísticos, funcionais e estruturais, depende das características do solo, da ocorrência ou ausência de alagamento periódico, assim como dos padrões e periodicidade do fogo. De fato, o gradiente completo dos campos limpos até os cerradões tem sido repetidamente explicado como uma consequência da interação desses fenômenos, os quais também explicam o intrincado mosaico de florestas, savanas e sistemas paludosos tão representativos dessas regiões (Figura 4) (Sarmiento e Monasterio, 1975; Furley *et al.*, 1992; Sarmiento e Pinillos, 2001; Felfili e Felfili, 2001).



**Figura 4.** Mosaicos de ecossistemas de savana e floresta, como função da posição no gradiente topográfico e da evolução dos solos, em **duas regiões ecológicas** dos Llanos na Venezuela.

**1. Llanos de Calabozo:** região de savanas numa paisagem de chapadas, principalmente sobre depósitos pleistocénicos antigos. A: floresta de galeria sempre-verde; B: floresta semidecidual; C: savanas hiperestacionais; D: sistema paludoso; E: savanas estacionais; F: florestas decíduais. Segundo Sarmiento e Monastério (1975), modificado.

**2. Llanos de Apure:** região de savanas inundáveis sobre a planície aluvial do Rio Apure. Q0a: Holoceno recente; Q0b: Holoceno antigo; Q1: Pleistoceno recente; Q2: Pleistoceno médio. Segundo Sarmiento e Pinillos (2000), modificado. Os Llanos de Calabozo aproximam-se ecologicamente mais dos cerrados, enquanto os Llanos de Apure, às savanas do Pantanal.

## A história da ocupação das savanas da América do Sul até 1950

### Os nativos americanos

Depois de termos sintetizado algumas das características mais marcantes das savanas tropicais, consideraremos a história do uso da terra e, em geral, dos

recursos destes ecossistemas. Para nosso caso de estudo, podemos localizar o começo da interação entre as sociedades humanas e os ecossistemas em algum ponto entre 20 e 25 mil anos A.P., data provável da chegada dos primeiros habitantes ao continente americano. As evidências parecem demonstrar uma rápida expansão destas primeiras populações de *Homo sapiens* na América do Sul, sendo muito provável que eles se assentaram em áreas de savana, como os cerrados brasileiros, explorando uma diversificada oferta de frutos e de animais de caça. Como tal oferta era mais diversa que abundante, os seres humanos mantiveram densidades baixas (Schmitz, 1990) e é bastante possível que eles queimavam as savanas como parte das suas estratégias de caça, de maneira similar a práticas que, ainda hoje, são utilizadas por algumas comunidades aborígenes. Porém, a influência da queima sobre os ecossistemas deve ter sido relativamente limitada, já que as savanas evoluíram sob o efeito de queimadas naturais frequentes. Assim, o aborígene do Paleolítico recolheu os frutos de muitas espécies de árvores, arbustos e palmas e explorou os recursos animais em áreas de savana, sem mudar significativamente as características ecológicas desses ecossistemas.

Com o estabelecimento de sociedades sedentárias, após a chegada dos europeus, a dinâmica de ocupação evitou quase completamente os solos pouco férteis das savanas, de forma que o padrão geral de ocupação privilegiou as áreas de florestas e os ecótonos floresta – savana que foram objeto de apropriação e uso mais intenso. Nos ecótonos, as comunidades humanas fizeram uso dos solos florestais com fins agrícolas, enquanto as savanas forneceram recursos faunísticos dentro de uma lógica de coleta e caça. Vale a pena ressaltar que até o século XVII os ecossistemas que nos interessam mantiveram-se num estado muito próximo do “natural”, com a notável exceção dos campos soleiados, sistemas nos quais se desenvolveu um intensivo uso agrícola que caracterizou algumas áreas de savanas inundáveis, mas que, em termos de extensão geográfica, tiveram pouca importância (Sarmiento, 2000).

### **A criação de gado e o sistema de fazenda**

Por volta de 1650, embora tanto os *Llanos* quanto os Cerrados tenham sido desprezados como territórios de ocupação por portugueses e espanhóis, o gado bovino e eqüino, que foi introduzido nos primeiros anos da colonização, atingiu populações expressivas, revertendo quase totalmente ao estado semi-selvagem. Essas manadas sem dono começaram, então, a ser caçadas e exploradas, praticamente por nada mais que seu couro. A despeito da onipresente expansão de herbívoros exóticos na região, o balanço ecológico deste segundo sistema de uso foi relativamente benéfico; não chegou a significar um acréscimo importante da pressão de pastoreio sobre as gramíneas das savanas, elas próprias limitando o tamanho da população de herbívoros por meio da sua baixa qualidade enquanto forragem. A consequência mais importante foi, porém, indireta: com o passar do

tempo, o sistema de caçada deu lugar a um tipo particular de sistema socio-econômico de organização, o *Hato* ou Fazenda, por meio do qual o gado foi re-domesticado e foram apropriadas extensas áreas de savana. Esses *hatos* e fazendas chegaram para persistir: produzindo *commodities* tais como peles, carnes, animais de trabalho (burros e mulas) e gordura, eles constituíram o sistema dominante de uso das savanas durante a época colonial e o primeiro século da era republicana (ou imperial), sendo que em algumas áreas ainda perduram como resquícios do passado.

Contudo, nos cerrados do Brasil a história teve matizes originais: no começo do século XVIII, o auge da mineração de ouro no Planalto Central, em Minas Gerais e Mato Grosso, principalmente, determinou a criação de mercados importantes para os produtos das fazendas. Sempre que possível, os animais vivos eram levados até as zonas de extração mineira ou, ainda mais longe, até os então insignificantes centros urbanos, fornecendo assim a base de um sistema comercial que manteve a Fazenda quase inalterável durante trezentos anos, desde 1650 até 1950. Nos *Llanos* e nas savanas do Caribe Colombiano, o principal produto foi a carne salgada, destinada ao sistema de plantações nas Antilhas; no Brasil, outros mercados importantes foram as zonas de produção de cana-de-açúcar e os portos ao longo do litoral atlântico. A Venezuela exportou perto de 600 mil unidades de pele em 1850, enquanto as peles produzidas no Brasil foram uma das principais *commodities* desse país ao longo do século XIX (Becker e Egler, 1998). A primeira década do século XX trouxe a tecnologia do frio, que permitiu exportar carnes congeladas para distantes mercados estrangeiros. Essa novidade teve, mais tarde, notável relevância no processo de modernização da região, sem produzir um impacto tão drástico quanto aquele que ocasionou nos campos temperados da região do Rio de la Plata (Sarmiento, 2000).

Todavia, uma parte importante das savanas da América do Sul persistiu sem ocupação da terra até muito recentemente, com exceção dos territórios de algumas comunidades indígenas: os departamentos de Vichada, Guiana e Meta, nos *Llanos* Colombianos, uma extensão considerável dos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, no Brasil (Klink *et al.*, 1993) e uma fração importante dos *Llanos de Beni*, na Bolívia.

É importante perguntar-se por que o sistema tradicional de criação extensiva de gado, no contexto das fazendas e *hatos*, atingiu um sucesso de tão longo prazo e qual foi a sua racionalidade tanto ecológica quanto econômica. Esse sistema provou ser ecologicamente sustentável ao longo dos séculos, talvez porque fazia uso da oferta de forragem disponível, o que permitiu que a própria sazonalidade dessa oferta limitasse a carga animal por unidade de área. Apesar da produtividade dos pastos poder suportar até 0,25 unidades animais por hectare (UA ha<sup>-1</sup>) durante a época úmida, foi a baixa capacidade de carga da época seca que estabeleceu o limite médio dos 0,08 UA ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

**Tabela 2.** Comparação entre as estações seca e úmida, em termos dos processos ecológicos que limitam a capacidade de suporte de gado, nas savanas tropicais. UA: Unidades Animais. Fonte: Sarmiento e Pinillos, 2000.

época úmida (210 dias)	época seca (155 dias)
↓	↓
disponibilidade contínua de água no solo superficial	baixo potencial hídrico no solo superficial: estresse hídrico
↓	↓
crescimento ativo das gramíneas perenes	crescimento reduzido das gramíneas
↓	↓
produção primária aérea (camada herbácea) 7.000 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>	produção primária aérea 700 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>
↓	↓
média da biomassa verde 3.000 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>	média da biomassa verde 500 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>
média da necromassa 3.000 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>	média da necromassa 200 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>
↓	↓
oferta potencial para o gado 3.000 x 0,5 = 1.500 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>	oferta potencial para o gado 500 kg p.s. ha <sup>-1</sup> x 0,5 = 250 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>
↓	↓
consumo do gado = 1.500 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>	consumo do gado = 250 kg peso-seco ha <sup>-1</sup>
↓	↓
não consumido = 4.500 kg ps ha <sup>-1</sup> g → passa à época seca	não consumido = 4.950 kg peso-seco ha <sup>-1</sup> → queimada
↓	↓
média da biomassa potencial de gado (consumo diário 6% peso-vivo x 210 dias) 120 kg peso-vivo ha <sup>-1</sup> média da capacidade de suporte 0,25 UA ha <sup>-1</sup>	média da biomassa potencial de gado (consumo diário 6% peso-vivo x 155 dias) 20 kg peso-vivo ha <sup>-1</sup> média da capacidade de suporte 0,04 UA ha <sup>-1</sup>
↓	↓
produção média (20% peso vivo) = 24 kg peso-vivo ha <sup>-1</sup>	produção potencial = 4 kg peso-vivo ha <sup>-1</sup>

No entanto, a apropriação de grandes áreas de savana, da ordem de dezenas de milhares de hectares, fez com que o sistema fosse também lucrativo. Embora pouco produtivo, os investimentos nunca foram importantes, pois a escassa mão-de-obra e as práticas de manejo, principalmente, as queimadas durante a época seca, dificilmente representaram custos significativos.

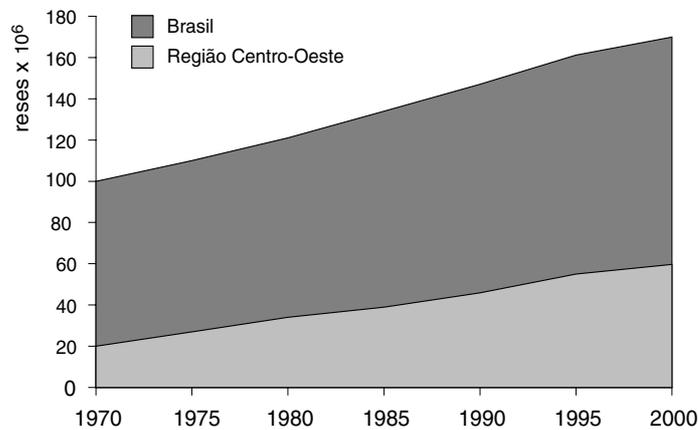
## O processo de modernização das últimas décadas

### A fronteira interior e a indústria moderna de criação

Após a Segunda Guerra Mundial, a situação previamente descrita mudou de maneira notável. Impelido pelo crescimento populacional e pela inserção da América Latina no mercado internacional de *commodities*, teve lugar um processo de modernização, que pelas suas características sociais foi chamado de conservador (Chonchol, 1994). Sua primeira etapa se caracterizou pela rápida expansão da fronteira econômica sobre todas as terras de savana. Foi assim com os estados da região Centro-Oeste do Brasil – Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e o, então, recentemente criado Distrito Federal – que ocupados em apenas 21%, em 1940, passaram a ser explorados em 43% da sua área, na década de 70, em 61%, nos anos 80, e quase em 100%, com exceção das terras legalmente protegidas, nos dias atuais. Desta maneira, a fronteira econômica alcançou seu limite ao serem incorporadas às atividades produtivas mais de 100 Mha em menos de 50 anos. No mesmo período, a fronteira interior dos *Llanos Venezuelanos* desapareceu, enquanto países como Colômbia e Bolívia só conservaram savanas intocadas nas partes mais remotas de seus territórios.

Paralelamente a esta expansão, deu-se também uma intensificação econômica que mudou completamente os padrões de produção e de apropriação de terras; os tradicionais *hatos* e fazendas sofreram uma forte mudança tecnológica que incluiu o melhoramento genético do gado, a adoção de medidas sanitárias e novas ferramentas de gestão do espaço produtivo, entre as quais a rotação das pastagens. Porém, todas essas mudanças só foram possíveis graças à introdução de novas espécies de gramíneas e de algumas leguminosas, que possibilitaram oferecer um recurso menos sazonal e de maior qualidade nutricional aos animais (Vera e Seré, 1985).

No começo, as gramíneas introduzidas foram as pouco palatáveis, mas muito produtivas, espécies africanas *Panicum maximum* Jacq., *Melinis minutiflora* Beauv. e *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf., dentre outras, que se expandiram sobre os campos sem maiores dificuldades. Posteriormente, espécies mais palatáveis e nutritivas, principalmente dos gêneros *Brachiaria* e *Cynodon*, ingressaram no sistema, demandando maiores investimentos em mão-de-obra, maquinaria e fertilizantes e elevando a carga animal até um valor médio de 1 UA ha<sup>-1</sup>. Como consequência, o número de reses incrementou, nos cerrados brasileiros, passando de 20 milhões, em 1960, a quase 60 milhões, em 2000 (Figura 5). Vale a pena sublinhar que nas últimas três décadas (1970 a 2000) o rebanho creceu no Brasil num fator de 1,6, enquanto, na região Centro-Oeste, o rebanho multiplicou-se por três, mantendo-se hoje aproximadamente em seis cabeças animais per capita, um valor não atingido em nenhuma outra região da América do Sul.



**Figura 5.** Evolução do rebanho bovino no Brasil e na Região Centro-Oeste, durante os últimos 30 anos. Dados do IBGE *on-line*.

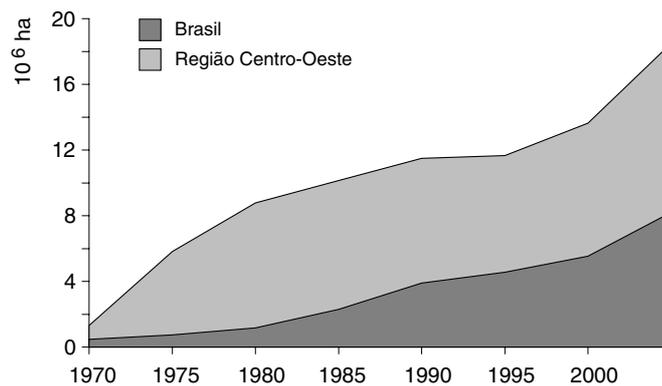
## A expansão agrícola

Um outro aspecto essencial do processo de modernização nas regiões de savana foi o incremento da área destinada à produção agrícola comercial, notadamente cultivos anuais como arroz, milho, soja, algodão, trigo e alguns outros cereais. Para a agricultura comercial, as savanas possuem grandes vantagens se comparadas com as florestas: topografia plana, solos profundos e a não menos importante facilidade para eliminar a cobertura vegetal original. A inclusão destas regiões na agricultura teve que superar a restrição mais evidente, i.e., a conjunção de baixa fertilidade e longa estação seca, típica dos ecossistemas de savana. Porém, no quadro desenvolvimentista da época, o uso maciço de agroquímicos e dos recursos hídricos subterrâneos permitiu uma rápida expansão da agricultura: primeiro, nos solos menos restritivos e, posteriormente, em quase qualquer tipo de solo lavrável. Assim, enquanto os agroquímicos representaram cerca de 60% dos custos da adequação de um hectare de cerrado para a atividade agrícola, a eliminação da cobertura vegetal original e o nivelamento do solo, com fins de mecanização, alcançaram somente 13% destes custos (Goedert, 1986).

A política brasileira de facilitação financeira para a agricultura comercial e de construção de rodovias contribuiu grandemente para a expansão agrícola da década dos 70 (Klink *et al.*, 1993). A introdução da irrigação possibilitou, ainda, que duas culturas diferentes pudessem ser colhidas por ano, por ex., o sistema soja – trigo ou soja – milho, incrementando de forma significativa a produtividade.

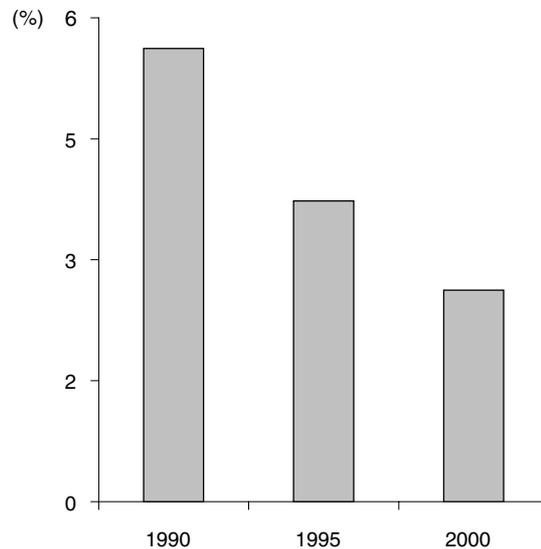
de por unidade de área. Neste contexto, não é surpreendente o acentuado crescimento populacional que acompanhou a intensificação produtiva e a expansão da fronteira agrícola na região. Entre 1950 e 2000, a população na região Centro-Oeste multiplicou-se por 6,5, quando, no mesmo período, a média do fator de crescimento populacional no Brasil foi de 3,4. Conseqüentemente, a pressão exercida sobre os ecossistemas naturais remanescentes foi ainda maior.

O caso mais espetacular de expansão agrícola nos cerrados foi e continua sendo o da soja. No Brasil, esse cultivo que, em 1960, cobria uma área desprezível passou a representar 14 Mha, em 2001; dessa extensão, 5.53 Mha estão na região Centro-Oeste e, em 2002, a região contribuiu com 40% da produção nacional (Figura 6) (IBGE on-line). O explosivo crescimento da indústria da soja nos últimos 30 anos, determinado pelo aumento incessante da demanda mundial, tem sido o motor de um dos mais importantes processos já vistos de transformação de savanas tropicais em áreas agrícolas.



**Figura 6.** Evolução da área colhida de soja no Brasil e na Região Centro-Oeste. Importância relativa da produção regional a respeito do total nacional. Dados do IBGE on-line.

Durante esse mesmo período, resulta paradoxal que a população rural na região decresceu muito mais que a média nacional. É possível que a pressão exercida pelo complexo econômico vinculado à soja, baseado em carteiras de investimento e empreendimentos financeiros, tenha sido particularmente implacável com o sistema produtivo da pequena propriedade (IBGE, 1989). Esta observação é apoiada pelo fato de que os cultivos típicos da economia tradicional, por ex., mandioca e feijão, diminuíram significativamente (Figura 7), enquanto a propriedade tem mostrado, pelo menos durante a última década, uma evidente tendência a se concentrar (Klink *et al.*, 1993).



**Figura 7.** Evolução da área cultivada com feijão e mandioca, como porcentagem do total da área cultivada, durante a última década do século 20. Dados para a Região Centro-Oeste do IBGE, *on-line*.

Nos últimos cinquenta anos, uma extensão considerável das savanas da América do Sul foi transformada em pastagens manejadas ou terras agrícolas, como resultado de um processo onipresente de modernização. Por causas diversas, mas, sobretudo, de natureza política, o Brasil tem sido, dentre o conjunto dos países do continente, líder na ocupação e posterior modernização das áreas de savana. Na Venezuela, para citar outro exemplo, a expansão agrícola e a modernização produtiva sobre os *Llanos* se sucederam sem rumo, conseqüência de políticas desenvolvimentistas igualmente incertas no país petrolífero (Silva e Moreno, 1993). Já na Colômbia, a pressão por terras dos camponeses expulsos dos Andes poupou as savanas e deslocou-se na direção das florestas, na Amazônia e no Chocó, onde foi ao encontro de uma longa história de iniquidade e convulsão política para dar lugar hoje a um dos problemas sociais mais nefastos do continente (Sarmiento, 2000). Entretanto, a substituição das savanas por pastagens manejadas e culturas comerciais obedeceu a um conjunto completamente diferente de pressões socioeconômicas e restringe-se, até hoje, aos solos mais ricos e mais próximos aos centros urbanos e industriais, na região do sopé andino. Finalmente, na região do Beni, na Bolívia, a fronteira agrícola permanece aberta e o processo de modernização encontra-se nos seus primórdios. Porém, a onda expansiva modernizante, cujo núcleo geográfico e econômico é a cidade de Santa Cruz, desloca-se em direção às savanas do nordeste do país, também sob a mira da intensificação pecuária e do cultivo da soja (Montes de Oca, 1997).

## Conseqüências da modernização e perspectivas para os ecossistemas de savana

Cabe perguntar-se quais são as diferenças ecológicas mais relevantes entre os ecossistemas naturais que nos preocupam e aqueles de origem antrópica que aceleradamente os substituem? Quais as conseqüências ambientais que podemos esperar dessa transformação? Em ambas as intensificações das atividades pecuária e agrícola, o resultado mais evidente é uma *espantosa* perda da biodiversidade em todos os seus níveis e escalas, seguida de perto por mudanças importantes no balanço regional e local de água que, com o tempo, levam a um aumento do risco de erosão e à modificação do regime de rios e cursos de água menores. Todavia, pelo menos no caso dos cultivos anuais, é de se esperar um decréscimo importante no conteúdo de matéria orgânica do solo, assim como outros múltiplos efeitos numa rede de eventos recíprocos, derivados do uso maciço de energia e agroquímicos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Algumas características comparativas entre os ecossistemas naturais e aqueles com os quais são substituídos.

	sistema natural	sistema de substituição		
	savana tropical	pastagem	cultivo anual	
			1 colheita	2 colheitas
diversidade específica de plantas vasculares, spp ha <sup>-1</sup> )	100 - 200	10	10	10
diversidade funcional	muito alta	muito baixa	muito baixa	muito baixa
PPN g m <sup>-2</sup> a <sup>-1</sup>	2000 - 4000	2000 - 2500	800	1500
MOS kg m <sup>-2</sup>	8 - 20	12 - 20	12	10 (decrecente)
energia, mão-de-obra agroquímicos	nulos	baixos	muito altos	muito altos
fixação de nutrientes	nula	muito baixa	alta	alta
intensidade da precipitação	alta	alta	baixa	alta
desgaste superficial	muito baixo	baixo	crescente	crescente
erosão do solo	muito baixa	baixa	crescente	crescente

Quanto à capacidade de recuperação dos sistemas naturais após abandono do uso da terra, as evidências apontam para uma notável estabilidade dos sistemas secundários, cuja composição em espécies e características funcionais são de longe distintas daquelas do sistema original. Nas savanas da Venezuela, após 20 ou 30 anos de abandono, a re-configuração estrutural e funcional do ecossistema foi apenas perceptível. Por outro lado, considerando a restrita distribuição geográfi-

ca de muitas das espécies que caracterizam o bioma e frente às extensas e dramáticas mudanças comentadas, cabe presumir que uma proporção importante dos elementos florísticos e faunísticos das savanas nunca retornarão.

Neste começo do século 21, o bioma das savanas tropicais na América do Sul, que se estendia aproximadamente sobre 250 Mha, há cem anos, tem perdido uma porção significativa de sua extensão original e, se as tendências atuais continuarem, será preciso enfrentar o seu desaparecimento como componente ecossistêmico local e regional importante. O fato é que a sua transformação tem sido praticamente completa onde quer que os solos ou sua proximidade das zonas economicamente mais dinâmicas o têm permitido. Os remanescentes restringem-se às savanas inundáveis ou àquelas savanas estacionais onde solos superficiais impedem a lavoura. No Brasil, quase a metade das 100 Mha ocupadas pelas pastagens manejadas, assim como aproximadamente 10 Mha de cultivos anuais, recobrem áreas que outrora foram cerrados, enquanto que o restante do ecossistema está sujeito a uma pressão que cresce na medida em que o bioma, anteriormente marginal à economia mundial, se insere mais profundamente nos mercados internacionais.

O nosso caso de estudo mostra como um ecossistema terrestre, mesmo sendo de dimensões continentais e embora tenha persistido por longo tempo sob certa forma social de apropriação e uso (as fazendas e *hatos*), pode rapidamente desaparecer quando as pressões socioeconômicas mudam. Visto hoje, a Fazenda foi, sem dúvida, um sistema de apropriação da terra marcadamente injusto; porém, o seu uso dos recursos naturais foi ecologicamente sustentável e economicamente sólido sob condições de baixas densidades populacionais e marginalidade econômica. Sua longa persistência histórica não foi garantia de sobrevivência quando os marcos econômico, social e tecnológico mudaram em consonância com o paradigma desenvolvimentista que passou a dominar

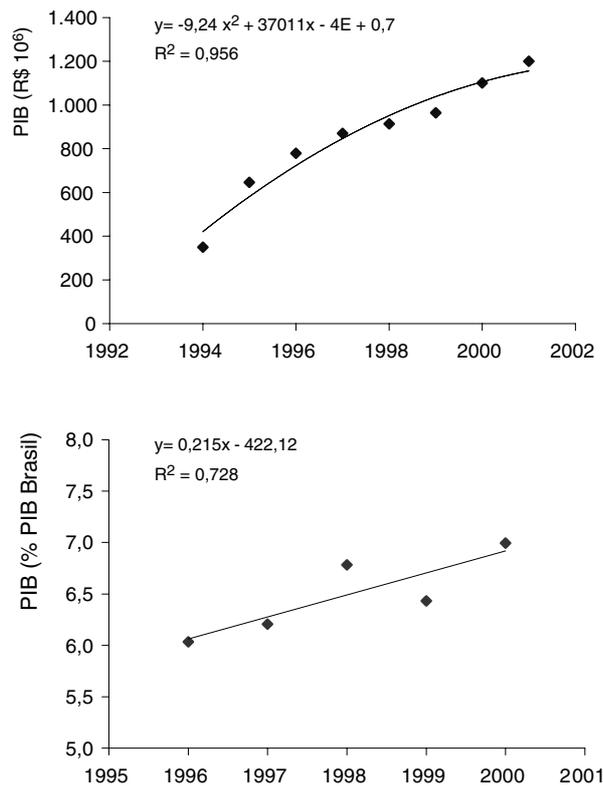
Uma nova **modernidade** tecnológica rapidamente levou à quase completa transformação do que foram as paisagens de savana que caracterizaram o sistema fazendeiro de apropriação e uso da terra. Esse fato evidencia uma lição importante e uma advertência para outras formas de uso dos recursos ainda vigentes e inclusive mais equitativas e que subsistem fora da racionalidade socioeconômica dominante.

As formas de exploração do espaço podem mudar dramaticamente e em pouco tempo, na direção de sistemas de organização que prescindem dos ecossistemas naturais e, ainda mais, baseiam-se principalmente na sua substituição por agroecossistemas totalmente manejados. Tal substituição pode bem dar conta de toda a extensão de um bioma, sem outra limitação que a saturação da demanda externa que a desencadeia. Um processo assim, como aquele que tem acontecido com a modernização na região das savanas tropicais, tem a potencialidade de extinguir, em curto prazo, o ecossistema onde quer que ele não esteja legalmente protegido. As suas conseqüências incluem a perda da biodiversidade associada ao sistema natural, mas, igualmente, os bens e serviços que, de fato ou potencialmente, tal

ecossistema oferece às sociedades local e global.

Contudo, o processo modernizante não pode ser simplesmente rejeitado como predatório, já que ele trouxe, também, um aumento significativo da capacidade regional para suportar uma população crescente, além de reforçar os laços entre a região e a economia nacional. Pensamos que com o conhecimento e a tecnologia existentes, ao longo de uma boa parte desse processo, e sob os paradigmas que lideraram o modelo econômico desenvolvimentista, dificilmente as coisas poderiam ter acontecido de uma maneira diferente. Porém, essa racionalidade parece atingir, nos dias atuais, seus limites históricos.

Hoje, pastagens e cultivos continuam a se expandir sobre o que resta dos sistemas tradicionais de produção e dos sistemas naturais associados. A participação da região Centro-Oeste no crescente Produto Interno Bruto Brasileiro passou de 6% em 1996 a 7% em 2000 (Figura 8), enquanto o ingresso *per capita* foi maior do que a média nacional em 2000.



**Figura 8.** Evolução do Produto Interno Bruto (PBI) no Brasil (A) e na região Centro-Oeste (B). São mostrados a curva de regressão de melhor ajuste e o  $R^2$ . Dados segundo IBGE, *on-line*.

Apesar destas cifras surpreendentes que falam a respeito dos ganhos econômicos da modernização, o horizonte mostra-se sombrio quando ponderamos que a maior parte dos recursos originalmente associados às savanas, sem dúvida valiosos, insubstituíveis e com grande potencial para democratizar o crescimento econômico, têm desaparecido. Neste momento, poderia estar se perdendo, definitivamente, uma última oportunidade para atingir o desejado sucesso social e produtivo dentro do paradigma da sustentabilidade, numa região caracterizada pelo restritivo ambiente das savanas tropicais.

Como as savanas da América do Sul têm sido territórios “de ninguém” desde os começos da ocupação humana no continente, o precioso conhecimento tradicional, que poderia contribuir para delinear uma forma original e sustentável de uso, é quase inexistente. Além do mais, não se tem plena ciência da magnitude das perdas na medida em que o nosso conhecimento do potencial de uso da biodiversidade das savanas tropicais é mais que insuficiente. Mesmo que a tecnologia necessária para recuperar os serviços ambientais das savanas, em termos do balanço de água e carbono e conservação de solos, esteja disponível no futuro próximo graças ao admirável avanço da engenharia ecológica, isto só poderia ser logrado a um custo extremamente elevado e não sem o apoio da comunidade internacional. Finalmente, vale a pena lembrar que se os serviços ambientais podem ser concebidos como recursos de lentíssima renovação, a diversidade biológica só é renovável no tempo evolutivo.

## Agradecimentos

Um primeiro esboço deste trabalho foi apresentado no Simpósio Internacional “As dimensões humanas da biodiversidade”, o qual teve lugar na Universidade Federal de Rio de Janeiro, de 30 de setembro a 2 de outubro de 2002. Os autores agradecem o gentil convite da professora Dra. Irene Ester González Garay para participar desse evento.

## Referências bibliográficas

- Batalha, M.A., Aragaki, S. & Mantovani, W. 1997. Florística do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). *Bol. Bot. Universidade São Paulo*, **16**:49-64.
- Batalha, M.A., Mantovani, W. & Mesquita Junior, H.N. 2001. Vegetation structure in cerrado physiognomies in South-Eastern Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, **61**:475-483.
- Batalha, M.A. & Mantovani, W. 2001. Floristic composition of the cerrado in the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, Southeastern Brazil). *Acta Bot. Brasil.*, **15**:289-304.
- Becker, B.K. & Egler, C.A.G. 1998. *Brasil, Uma Nova Potência Regional na Economia-Mundo*. 3 ed. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 274p.

- Castro, A.A., Martins, F.R., Tamashiro, J.Y. & Shepherd, G.J. 1999. How rich is the flora of the Brazilian cerrados? *Ann. Missouri Bot. Garden*, **86**:192-224.
- Chonchol, J. 1994. *Sistemas Agrários en América Latina. De la Etapa Prehispánica a la Modernización Conservadora*. Fondo de Cultura Económica, Santiago de Chile, 445p.
- FAO 2004. *Statistical Data Bases*. <http://www.fao.org/waicent/faostat>
- Felfili, J.M. & Silva Junior, M.C. 1993. A comparative study of cerrado (*sensu stricto*) vegetation in Central Brazil. *J. Trop. Ecology*, **9**:277-289.
- Felfili, J.M., Silva Junior, M.C., Rezende, A.V., Nogueira, P.E., Walter, B.M.T., Silva, M.A. & Encinas, J.I. 1997. Comparação florística e fitossociológica do cerrado nas Chapadas Pratinha e dos Veadeiros. In: *Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado*, Leite L. & Saito C.H. (eds.). Ed. Universidade de Brasília, Brasília, p.6-11.
- Felfili, J.M., Nogueira, P.E., Silva Junior, M.C., Marimon, B.S. & Delitti, W.B. 2002. Composição florística e fitossociologia de um cerrado *sensu stricto* na Agua Boa, MT. *Acta Bot. Brasil.*, **16**:103-112.
- Felfili, M.C. & Felfili, J.M. 2001. Alfa and Beta diversity in the Cerrado *sensu stricto*. *Acta Bot. Brasil.*, **15**:243-254.
- Fischer, M., Rao, I.M., Ayarza, M., Lascano, C.E., Sanz, J.I., Thomas, R.J. & Vera, R.R. 1993. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, **371**:15-18.
- Furley, P.A., Proctor, J. & Ratter, J.A. (eds.) 1992. *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*. Chapman & Hall, London, 616p.
- Furtado, C. 1972. *La Formation Economique du Brésil*. Mouton, Paris, 218p.
- Goedert, W.J. (ed.) 1986. *Solos do Cerrado. Tecnologias e Estratégias de Manejo*. Embrapa-Nobel, Brasília e São Paulo, 422p.
- Klink, C.A., Moreira, A.G. & Solbrig, O.T. 1993. Ecological impact of agricultural development in the Brazilian cerrados. In: *The World's Savannas*, Young M.D. & Solbrig O.T. (eds.). UNESCO & The Parthenon Press, Cornworth, p.259-282.
- IBGE 1989. *Geografia do Brasil, Região Centro-Oeste*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Rio de Janeiro, vol. 1, 267p.
- IBGE 2004. *Statistical Data Bases*. <http://www.ibge.gov.br/>
- Leite, L. & Saito, C.H. (eds.) 1997. *Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado*. Ed. Universidade de Brasília, Brasília, 325p.
- Linhares, M.Y. (ed.) 2000. *História Geral do Brasil*. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 445p.
- Montes de Oca, I. 1997. *Geografía y Recursos Naturales de Bolivia*, 3ª ed. Ed. Educacional, La Paz, 614p.
- Mantovani, W. & Martins, F.R. 1993. Florística do cerrado na reserva biológica de Mogi-Guaçu, SP. *Acta Bot. Brasil.*, **7**:33-60.
- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva Junior, M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E. 1998. Flora vascular do cerrado. In: *Cerrado, Ambiente e Flora*, Sano, S. & Almeida, S.P. (eds.). EMBRAPA, CPAC, Planaltina, p.289-356.

- Ratter, J.A. & Dargie, T.C.D. 1992. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. *Edinburgh J. Bot.*, **49**:235-250.
- Ratter, J.A., Bridgewater, S., Atkinson, R. & Ribeiro, J.F. 1996. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation. II. Comparison of woody vegetation of 98 areas. *Edinburgh J. Bot.*, **53**:153-280.
- Ratter, J.A., Ribeiro, J.F. & Bridgewater, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Ann. Bot.*, **80**:223-230.
- Sarmiento, G. 1983. Savanna vegetation in Tropical America. In: *Ecosystems of the World 13. Tropical Savannas*, Bourlière, F. (ed.) Elsevier, Amsterdam, p.245-288.
- Sarmiento, G. 1984. *The Ecology of Neotropical Savannas*. Harvard University Press, Cambridge, 235p.
- Sarmiento, G. 1992. A conceptual model relating environmental factors and vegetation formations in the lowlands of tropical South America. In: *Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries*, Furley, P.A., Proctor, J. & Ratter, J.A. (eds.). Chapman & Hall, London, 583-601.
- Sarmiento, G. 1995. Biodiversity and water relations in tropical savannas. In: *Biodiversity and Savanna Ecosystem Processes*, Solbrig, O.T., Medina, E. & Silva, J.F. (eds.). Springer-Verlag, Berlin, 61-75.
- Sarmiento, G. 2000. *La Transformación de los Ecosistemas en América Latina*. Ediciones Electrónica Laffont, Buenos Aires, CDRom.
- Sarmiento, G. & Monasterio, M. 1975. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. In: *Tropical Ecological Systems*, Medina, E. & Golley, F.B. (eds.). Springer-Verlag, New York, p.223-250.
- Sarmiento, G. & Monasterio, M. 1983. Life forms and phenology. In: *Ecosystems of the World. 13. Tropical Savannas*, Bourlière, F. (ed.). Elsevier, Amsterdam, p.79-108.
- Sarmiento, G., Goldstein, G. & Meinzer, F. 1985. Adaptive strategies of woody species in neotropical savannas. *Biological Reviews*, **60**:315-355.
- Sarmiento, G. & Pinillos, M. 2000. A conceptual model relating ecological constraints to livestock production in Tropical American seasonal savannas. In: *Consequences of Land Use Changes*, Mander, U. & Jongman, R.H.G. (eds.). WIT Press, Southampton & Boston, p.295-314.
- Sarmiento, G. & Pinillos, M. 2001. Patterns and processes in a seasonally flooded tropical plain: the Apure Llanos, Venezuela. *J. Biogeogr.*, **28**:985-996.
- Schmitz, P.J. 1990. Caçadores e coletores antigos da região do Cerrado. In: *Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas*, Novaes Pinto, M. (ed.). Editora UnB-Sematec, Brasília, p.101-146.
- Silva, J.F. & Moreno, A. 1993. Land use in Venezuela. In: *The World's Savannas. Economic Driving Forces, Ecological Constraints and Policy Options for Sustainable Land Use*, Young, M.D. & Solbrig, O.T. (eds.). UNESCO & The Parthenon Publ. House, Cornworth, p.239-258.
- Solbrig, O.T., Medina, E. & Silva, J.F. 1995. Determinants of tropical savannas. In: *Biodiversity and Savanna Ecosystem Processes*, Solbrig, O.T., Medina, E. & Silva, J.F. (eds.). Springer-Verlag, Berlin, p.31-41.

- Sousa Silva, J.C. & Almeida, S.P. 1990. Botanical resources from Neotropical savannas. In: *Las Sabanas Americanas. Aspectos de su Biogeografía, Ecología y Utilización*, Sarmiento, G. (ed.). Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas, p.126-140.
- Vera, R.R. & Seré, C. (eds.) 1985. *Sistemas de Producción Pecuaria Extensiva: Brasil, Colombia, Venezuela*. CIAT, Cali, 530p.
- Walker, B.H. (ed.) 1987. *Determinants of Tropical Savannas*. IRL Press, Southampton & Boston, 156p.
- Weiser, V.L. & Godoy, S.A.P. 2001. Florística em um hectare de cerrado *stricto sensu* na ARIE – Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. *Acta Bot. Brasil.*, **15**:201-212.
- Young, M.D. & Solbrig, O.T. (eds.) 1993. *The World's Savannas. Economic Driving Forces, Ecological Constraints and Policy Options for Sustainable Land Use*. UNESCO & The Parthenon Press, Cornworth, 350p.

I. Garay e B.K. Becker (orgs.)