

Capítulo 1

Caracterização pedomorfoagroclimática das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil

**Base para uma proposta
de gestão sustentável**

*Marco Antonio Ferreira Gomes
Heloisa Ferreira Filizola
Cláudio Aparecido Spadotto
Anderson Soares Pereira*

Introdução

No Brasil, tem-se observado, quase sempre, que não há conformidade de uso do solo com sua aptidão, tampouco são considerados aspectos agroclimáticos, importantes na implantação de sistemas agrícolas mais produtivos e ambientalmente mais equilibrados. Tal comportamento tem sido responsável pelo uso agrícola de áreas frágeis, do ponto de vista ambiental, em extensas porções do território brasileiro. Um exemplo de ocupação de áreas frágeis no Brasil é a que contempla a faixa de recarga direta ou de afloramento do Aqüífero Guarani. Essa faixa é assim denominada, embora existam alguns pontos de descarga, por representar os locais onde a água das chuvas se infiltra, alimentando a zona saturada sem maiores obstáculos, já que não existe qualquer pacote rochoso a atravessar.

Nas diferentes regiões onde ocorre o Aqüífero Guarani, seja no Brasil, seja no Paraguai ou Uruguai, a diversificação de uso e de manejo tem sido muito grande em suas áreas de recarga direta, exibindo porções com uso agrícola intensivo, pastagens, áreas ainda cobertas por vegetação nativa e áreas degradadas, a exemplo do que ocorre nos focos de arenização do Rio Grande do Sul. O interesse em se conhecer melhor a ocupação das áreas de afloramento do Aqüífero Guarani é decorrente da fragilidade que elas oferecem em relação ao uso agrícola e, conseqüentemente, da possibilidade de descida de produtos químicos até a zona saturada. Acrescente-se a esse fato, a demanda crescente por água subterrânea, uma vez que as águas de superfície exigem custos elevados de tratamento para o consumo humano.

Trabalhos realizados pela Embrapa Meio Ambiente nessas áreas, particularmente na região de Ribeirão Preto, SP, no período compreendido entre 1994 e 2001, evidenciaram que as atividades agrícolas utilizam uma carga considerável de produtos químicos potencialmente contaminantes, destacando-se alguns agrotóxicos usados intensivamente na cultura de cana-de-açúcar. Tal estudo possibilitou uma avaliação do nível de comprometimento das práticas agrícolas, não só com a conservação do solo, mas também com o risco de contaminação da água subterrânea por moléculas orgânicas, principalmente herbicidas (GOMES et al., 1996; PESSOA et al., 1998; EMBRAPA, 1999; PESSOA et al., 1999; GOMES et al., 2001; EMBRAPA,

2002; PESSOA et al., 1998; PESSOA et al., 1999; GOMES et al., 2001; SPADOTTO et al., 2002; MATALLO et al., 2003; PESSOA et al., 2003; MATALLO et al., 2003; MATALLO et al., 2005).

Outras regiões de recarga do Aquífero Guarani, como, por exemplo, nos estados de Goiás (culturas de milho e de soja), Mato Grosso (cultura de soja), Mato Grosso do Sul (cultura de soja), Paraná (cultura de milho), Santa Catarina (cultura de maçã) e Rio Grande do Sul (cultura de arroz), exibem cenários de risco potencial de contaminação para a água subterrânea (GOMES et al., 2002).

O cenário descrito acima, aliado à alta vulnerabilidade natural das áreas de recarga direta do aquífero em questão, colocam-nas em situação de alta exposição ao risco de contaminação, tanto do lençol freático quanto dos lençóis profundos, como também favorece a formação de ravinas e voçorocas, principalmente por meio de práticas agrícolas inadequadas. Diante desse cenário, a pesquisa agropecuária, particularmente por meio da Embrapa Meio Ambiente, tem desenvolvido trabalhos de avaliação de riscos de contaminação da água subterrânea do Aquífero Guarani, considerando as diferentes atividades agrícolas ao longo de suas áreas de recarga direta ou de afloramento em território brasileiro. Outras ações para essas áreas também estão em curso, entre as quais incluem-se as chamadas Boas Práticas Agrícolas (BPAs). Como instrumento de apoio a esses trabalhos, propõe-se neste trabalho a caracterização dessas áreas por meio dos chamados Domínios Pedomorfoagroclimáticos, abrangendo oito estados brasileiros por onde passa o aquífero. Tais domínios possibilitam melhor compreensão das características gerais e das particularidades de cada região, servindo de subsídio aos estudos de ordenamento agro-ambiental e à proposta de manejo agro-ecológico, fundamentais no planejamento com enfoque sustentável para as áreas de recarga direta ou de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil.

Procedimentos metodológicos

O método de trabalho consistiu no levantamento e integração das informações existentes sobre as áreas de recarga do Aquífero Guarani no Brasil, abrangendo as características geológicas, de solos, relevo, uso agrícola e clima. Inicialmente, foram obtidas informações sobre geologia para compreensão da extensão e dos limites da área de recarga (PROJETO

RADAMBRASIL, 1984; ARAÚJO et al., 1995; CAMPOS, 2000). O procedimento seguinte foi a avaliação da área (Km²) de recarga por estado, com identificação dos principais tipos de solos, dominância de relevo, tipo de vegetação (uso atual) e de clima, tanto para precipitação média mensal quanto temperatura média mensal, conforme trabalho iniciado por Gomes et al., 2002. Por se tratar de uma área de aproximadamente 104.143 km² (BORGHETTI et al., 2004), abrangendo 8 estados, as particularidades e especificidades são bem definidas por região. Nesse sentido, procurou-se a adoção de parte da proposta de Ab'Saber (1970) – Domínio Morfoclimático – em combinação com parte da proposta de Resende et al. (1995) – Domínio Pedobioclimático –, incorporando o uso agrícola que satisfaz o princípio do tetraedro ecológico e das variáveis necessárias aos estudos de avaliação de risco ambiental. A metodologia de caracterização dos domínios obedeceu às diferenças existentes entre cada uma das variáveis: solo, morfologia, uso agrícola e clima, por região ou estado, caracterizadas por valores médios ou informações mais representativas. Também foi realizado um levantamento por meio de mapas geopolíticos e administrativos em diversas escalas (1:5.000.000; 1:1.000.000 e 1:500.000) dos 8 estados por onde ocorre a recarga, além de consultas in loco, em alguns casos, com identificação das cidades existentes em cada domínio, como meio de auxílio na definição dos limites e da área de ocorrência de recarga.

A caracterização do Domínio Planalto Médio Paulista, por exemplo, apresenta três faixas que poderiam, a princípio, serem interpretadas como três domínios; no entanto, diferenças específicas e sutis, quanto a clima e tipo de cultura, permitiram estabelecer a subdivisão deste domínio.

O conjunto de informações obtidas e integradas por região ou domínio, possibilitou a caracterização, conforme consta das Fig. 1 a 6 e das Tabelas 1 a 8.

Resultados

Os resultados obtidos permitiram a proposição de 10 domínios pedomorfoagroclimáticos para as áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil, sendo 1 domínio para cada um dos estados de SP, MG, MS, MT, PR e SC; 2 domínios para GO, sendo que um deles é também comum a MT, e 3 domínios para RS, conforme descrição a seguir:

1. Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo

A área de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo abrange cerca de 17.376 km² (BORGHETTI et al., 2004) ocupando uma faixa de norte a sul do estado, localizada na porção centro-oeste, inserida nas coordenadas 20°20' e 23°20' de latitude sul e 47°15' e 49°50' de longitude oeste.

Pequenas diferenças, quanto a clima e tipo de cultura, conforme citado em material e métodos, permitiram uma subdivisão deste domínio em três regiões ou faixas de recarga, conforme se segue: faixa de recarga da porção centro-norte, com os seguintes municípios: de Franca, Batatais, Brodosqui, Altinópolis, Cajuru, Serrana, Ribeirão Preto, Cravinhos, São Simão e Luís Antonio, representada pela Fig. 1; faixa de recarga da porção central, com os seguintes municípios: de Araraquara, Corumbataí, São Carlos, Ibaté, Analândia, Itirapina, Brotas, Bocaina, Dois Córregos, Boa Esperança do Sul, Bariri, São Pedro, Águas de São Pedro, Santa Maria da Serra, São Manuel e Botucatu; faixa de recarga da porção centro-sul, com os seguintes municípios: de Pardinho, Boíete, Torre de Pedra, Paranapanema, Avaré, Itaí e Tejuapá. A Tabela 1 mostra as características de clima e cultivos principais em cada um dos três domínios identificados. O aspecto morfológico não foi ressaltado pela semelhança em toda extensão, estando toda a faixa de recarga inserida no Planalto Médio Paulista, nome também dado ao Domínio Pedomorfoagroclimático do Estado de São Paulo. Todavia, o relevo varia de ondulado a fortemente ondulado em toda a extensão dessas áreas.

Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes



Fig. 1. Cenário representativo da faixa de afloramento da porção centro-norte do Domínio Pedomorfoagroclimático do Planalto Médio Paulista. Cultivo de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, SP.

Tabela 1. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes nas três faixas que compõem o Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo.

Domínio Pedomorfoagroclimático	Faixas	Solos	Culturas predominantes	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
Planalto Médio Paulista	Faixa norte	LVdq, RQo	Cana-de-açúcar	1.550	22,4
	Faixa central	RQo, PVq	Cana-de-açúcar/citros, arroz irrigado e pastagem	1.700	21,6
	Faixa centro-sul	RQo	Cana-de-açúcar e pastagem	1.650	20,3

Obs.: dados médios de precipitação e temperatura obtidos in loco da estação do IAC – Ribeirão Preto, Esalq – Piracicaba e Unesp – Botucatu, respectivamente, referentes ao período de 1990 a 1998.

LVq – Latossolo Vermelho Distrófico psamítico; RQ – Neossolo Quartzarênico Órtico; PVq – Argissolo Vermelho de textura média (IAC, 1991; MIKLÓS; GOMES, 1996).

2. Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Minas Gerais

No Estado de Minas Gerais, as áreas de afloramento do Aquífero Guarani ocupam cerca de 1.634 km² (BORGHETTI et al., 2004), a menor entre todos os estados que possuem áreas de recarga direta ou de afloramento, abrangendo os municípios de Monte Santo de Minas, Itamoji, São Sebastião do Paraíso, São Tomás de Aquino, Capetinga, Ibiraci e Claraval. Localizam-se entre as coordenadas 20°15' e 21°15' de latitude sul e 47°00' e 47°15' de longitude oeste.

Em função da relativa homogeneidade das características morfoclimáticas, optou-se por apenas um domínio pedomorfoagroclimático, denominado Borda Ocidental da Mantiqueira. A Tabela 2 sintetiza as informações relativas a esse domínio.

3. Domínios Pedomorfoagroclimáticos das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Goiás

A área de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Goiás possui cerca de 12.257 Km². Grande parte dessa área está distribuída ao longo da região que compreende as nascentes do Rio Araguaia, na divisa dos estados de Goiás e Mato Grosso entre as coordenadas 17°00' e 18°30' de latitude

Tabela 2. Características de solos, clima e tipo de cultura predominante no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Minas Gerais.

Domínio Pedomorfo-agroclimático	Solos	Cultura predominante	Precipitação média anual (mm) ¹⁾	Temperatura média anual (°C) ¹⁾
Borda Ocidental da Mantiqueira	RQ CXa	Pastagem	1.580	20,9

RQ – Neossolo Quartzarênico; CXa – Cambissolo Háplico Aluminico.

¹⁾ Fonte: informações obtidas in loco junto aos municípios de São Sebastião do Paraíso, Capetinga, Claraval, Monte Santo de Minas, Ibiraci e São Tomás de Aquino.

sul e 51°50' e 53°20' de longitude oeste. Envolve, principalmente, os municípios de Mineiros, Jataí, Chapadão do Céu, Portelândia e Perolândia. Em razão de diferenças, principalmente quanto ao relevo, clima e uso agrícola (culturas predominantes), conforme informações contidas na Tabela 3, foram definidos dois domínios pedomorfoagroclimáticos para esta região, denominados Nascentes ou Depressão do Araguaia (Fig. 2) e Planaltos Rebaixados Alcantilados (Fig. 3). Além das diferenças citadas, este último domínio está inserido na Meso Bacia Hidrográfica do Rio Verde, pertencente à Bacia do Paraná, (PROJETO RADAMBRASIL, 1984), mais precisamente entre as coordenadas 17°30' e 18°30' de latitude sul e 51°50' e 52° 50' de longitude oeste.

Tabela 3. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Goiás.

Domínio Pedomorfo-agroclimático	Solos	Culturas predominantes	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
Nascentes ou Depressão do Araguaia	RQo + LVdq	Soja, milho e pastagem (possibilidade para algodão)	1.863	22,6
Planaltos Rebaixados Alcantilados	RQo	Pastagem	1.800	22,3

Obs.: dados climáticos obtidos do Mosteiro Beneditino (Mineiros, GO) no período de 1995 a 2000.

RQo – Neossolo Quartzarênico Órtico; LVdq – Latossolo Vermelho Distrófico psamítico.

Fig. 2. Vista do Domínio das Nascentes ou Depressão do Araguaia, com o solo preparado para o plantio de soja. Fazenda Jacuba, Município de Mineiros, GO.



Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes

Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes



Fig. 3. Vista do Domínio dos Planaltos Rebaixados Alcantilados, cujas áreas são predominantemente ocupadas por pastagens.

4. Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani na porção leste do Estado de Mato Grosso

No Estado de Mato Grosso, até o momento, foi considerada apenas a região de Alto Garças que possui uma interligação entre a área de abrangência do Rio Araguaia e a área de afloramento do Aquífero Guarani localizada na divisa dos estados de Mato Grosso e Goiás. A área de afloramento nessa região é de cerca de 9.500 km², embora em todo o estado atinja em torno de 13.199 km² (BORGHETTI et al., 2004), estando

situada entre as coordenadas 16°40' e 18°00' de latitude sul e 53°20' e 54°10' de longitude oeste. Os principais municípios que estão nesta porção são: Alto Taquari, Alto Araguaia, Alto Graças e Poxoréo. Os dados contidos na Tabela 4 expressam suas características que, pela semelhança e proximidade, também se insere no Domínio Nascentes ou Depressão do Araguaia.

Tabela 4. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani na porção leste do Estado de Mato Grosso.

Domínio Pedomorfo-agroclimático	Solos	Culturas predominantes	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
Nascentes ou Depressão do Araguaia	RQo + LVdq	Soja/milho	1.830 a 2.130	22,3

Dados obtidos da EMPA, MT, no período de 1994 a 1998 e informações obtidas in loco no ano de 2003 no escritório de Alto Garças, MT, pelo primeiro autor deste trabalho.

RQo – Neossolo Quartzarênico Órtico; Latossolo Vermelho Distrófico psamítico (LVq).

5. Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Mato Grosso do Sul

A área de afloramento do Aquífero Guarani mais importante no Estado de Mato Grosso do Sul representa cerca de 31.299 Km² (BORGHETTI et al., 2004), localizada na região nordeste e parte da região sudoeste, entre as coordenadas 17°20' e 22°10' de latitude sul e 53°10' e 56°20' de longitude oeste, abrangendo em quase toda sua extensão a Bacia Hidrográfica do Alto Taquari. Esta é composta basicamente pelos rios Taquari, ao norte, e Coxim na porção sudoeste-oeste da área. Entre os municípios mais importantes estão São Gabriel D'Oeste, Coxim, Camapuã, Alcínópolis, Pedro Gomes e Sonora. Existe, ainda, outra porção situada a oeste de Campo Grande e que se estende até o Paraguai. Pela semelhança climática e de uso agrícola/agropecuário com o domínio do Alto Taquari e Coxim, embora em condições de solos mais úmidos, esta porção será inserida, preliminarmente aqui, até que se sejam levantadas mais informações que possam definir sobre a existência de mais um domínio, onde seriam inseridos

os municípios de Rochedo, Rio Negro, Rio Verde de Mato Grosso, Aquidauana, Jardim, Nioaque, Terenos, Guia Lopes da Laguna, Ponta Porá, Sidrolândia e Bandeirantes.

Devido à predominância de um único padrão pedomorfoagroclicmático, considerando somente as áreas de recarga direta ou de afloramento do Aquífero Guarani, com diferença apenas entre vegetação e pastagem nativas e pastagem cultivada, foi definido apenas um domínio denominado de Alto Taquari e Coxim (Fig. 4), conforme informação contida na Tabela 5.



Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes

Fig. 4. Pastagem com *Brachiaria decumbens* em área terraceada no Município de Alcínópolis, MS.

Tabela 5. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclicmático do Alto Taquari e Coxim, Estado de Mato Grosso do Sul.

Domínio Pedomorfoagroclicmático	Solos	Culturas predominantes	Precipitação média anual ¹⁾ (mm)	Temperatura média anual ¹⁾ (°C)
Alto Taquari e Coxim	RQo	Pastagem nativa	1.460	23,5
		Pastagem cultivada	1.460	23,5

¹⁾ Média de 5 anos, considerando medidas realizadas em Coxim, MS (informações obtidas in loco do Cointa); Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo).

Fonte: Brasil (1977).

6. Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado do Paraná

A área de afloramento do Aquífero Guarani no Estado do Paraná abrange cerca de 8.992 Km² (Borghetti et al., 2004), distribuída ao longo de uma faixa estreita a oeste de Curitiba, com extensão de norte a sul, mais precisamente entre as coordenadas 23°05' e 26°15' de latitude sul e 49°40' e 51°05' de longitude oeste. Os municípios mais importantes localizados nessas áreas são: Jacarezinho, Santo Antônio da Platina, Cândido Abreu, Ortigueira, Ivaiporã, Pitanga, Guarapuava e União da Vitória na divisa com Santa Catarina.

Em razão da existência de duas condições predominantes de uso agrícola e uma pequena variação climática, principalmente precipitação, foram definidas duas faixas de domínio: faixa centro-norte e faixa centro-sul, integrantes do Médio Planalto Paranaense, conforme os dados contidos na Tabela 6.

Tabela 6. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado do Paraná.

Domínio Pedomorfo-agroclimático	Faixas	Solos	Culturas predominantes	Precipitação média (mm)	Temperatura média (°C)
Médio Planalto Paranaense	Centro-norte	RQo	Pastagem	1.380	19,0
	Centro-sul	PVq	Soja/milho e pastagem	1.300	18,5

Neossolo Quartzarênico Órtico*(Rqo); Argissolo Vermelho de textura média (PVq).

Fonte: Iapar (2002).

7. Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Santa Catarina

No Estado de Santa Catarina a área de afloramento do Aquífero Guarani é de cerca de 5.984 Km² (BORGHETTI et al., 2004), abrangendo os municípios da região de Lages, bem como aqueles localizados na região de União da Vitória, próximos à divisa com o Estado do Paraná, como Porto União e Lebon Régis, este um pouco mais ao sul. Essa área estende ao sul

até a divisa com o Rio Grande do Sul e está inserida nas coordenadas 26°15' e 28°30' de latitude sul e 49°20' e 51°05' de longitude oeste.

A porção de recarga nesse estado apresenta uma faixa bastante delgada apresentando, em alguns locais, com menos de 1 km de largura. Em razão da uniformidade de uso agrícola, predominantemente pastagem, como também de outros aspectos ambientais tais como solo, relevo e clima, foi definido apenas um domínio para o Estado de Santa Catarina, caracterizado por Médio Planalto Catarinense, considerando a mesma nomenclatura usada para as características morfológicas. A Tabela 7 sintetiza as informações gerais deste domínio.

Tabela 7. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de Santa Catarina.

Domínio Pedomorfo-agroclimático	Solos	Culturas predominantes	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
Médio Planalto Catarinense	RQ PVq	Pastagem Maçã	1.250 1.250	17,5 17,5

Neossolo Quartzarênico (RQ); Argissolo Vermelho de textura média (PVq).

Fonte: Ejagri (1997) e Instituto Ceba (1999).

8. Domínios Pedomorfoagroclimáticos das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul

A área de afloramento do Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul possui cerca de 13.402 km² (BORGHETTI et al., 2004), distribuída ao longode uma faixa delgada de leste a oeste do estado, com inflexão para o sul até a divisa com o Uruguai, adentrando-se nestse país por cerca de dezeras de quilômetros. Essa faixa encontra-se inserida nas coordenadas 28°30' e 30°30' de latitude sul e 50°20' e 55°40' de longitude oeste, envolvendo três domínios pedomorfoagroclimáticos, denominados de Serra Gaúcia/Encosta Inferior Nordeste; Borda do Planalto Médio/Missões e Campanha. O clima predominante é do tipo subtropical úmido, sem estiagem (Cfa). Em geral, a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês menos quente varia de 3 °C a 18 °C.

As principais cidades ao longo das áreas de recarga estão assim distribuídas: Serra Gaúcha/Encosta Nordeste – Portão, Novo Hamburgo, São Leopoldo, Parobé, Taquara e Santo Antônio da Patrulha; Borda do Planalto Médio/Missões – Santa Maria, Santiago, São Pedro do Sul, Jaguarí e São Francisco de Assis ; Campanha – Alegrete, Rosário do Sul e Santana do Livramento. A Fig. 5 mostra o cultivo de arroz em tabuleiros na região de Alegrete, RS, onde o lençol freático é bastante raso, evidenciando uma situação de alta vulnerabilidade ao uma situação de risco de contaminação por agrotóxicos usados nessa cultura. A Tabela 8 sintetiza as informações relativas a esses domínios.

Foto: Marco Antonio Ferreira Gomes



Fig. 5. Cultivo de arroz em tabuleiros na região de Alegrete, RS. Domínio Pedomorfoagro-climático da Campanha.

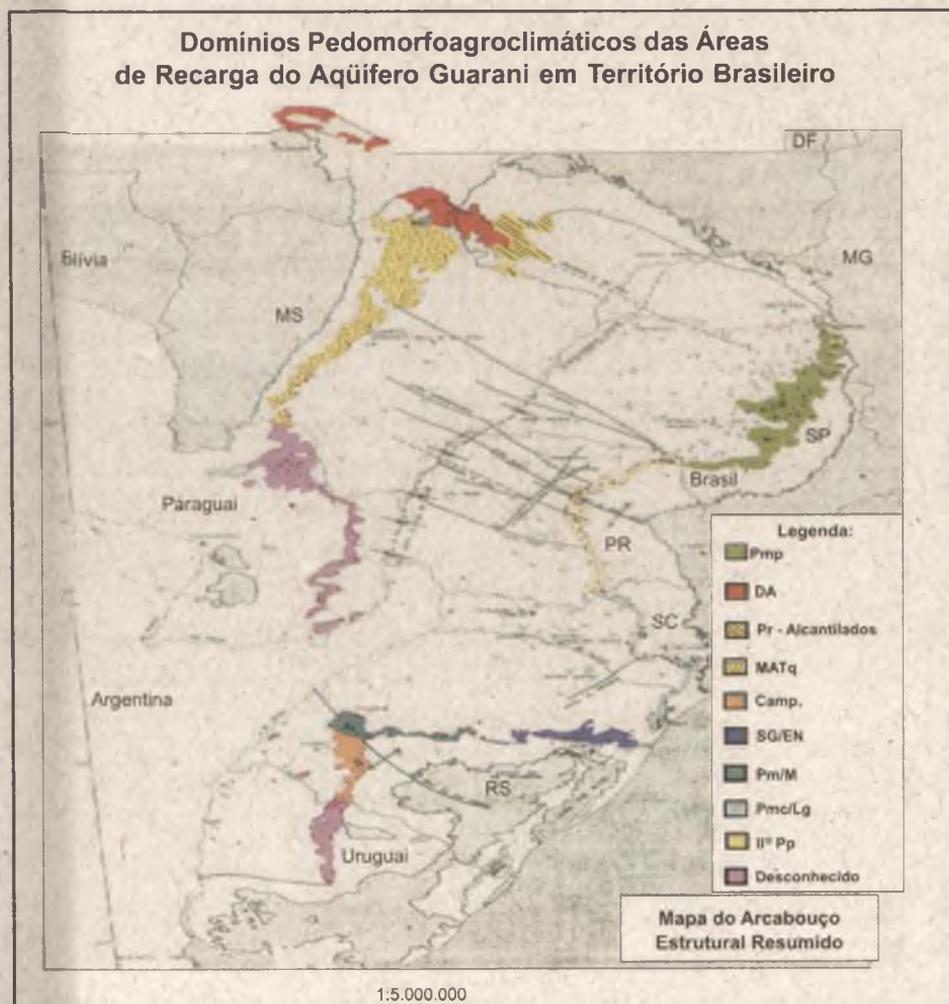
Tabela 8. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes nos diferentes Domínios Pedomorfoagroclimáticos das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul.

Domínio Pedomorfo-agroclimático	Solos	Culturas predominantes	Precipitação média anual ⁽¹⁾ (mm)	Temperatura média anual ⁽¹⁾ (°C)
Serra Gaúcha/encosta inferior nordeste	CXve	Uva	2.470	< 18
Borda do Planalto Médio/Missões	PVq	Pastagem	2.000	18 a 22
Campanha	RQ e PVq	Arroz irrigado/pastagem	1.190	20 a 24

Cambissolo Háplico Eutrófico (Cxve); Argissolo Vermelho textura média (PVq); Neossolo Quartzarênico (RQ).

⁽¹⁾Fonte: Brasil (1973).

Com a integração das informações referentes aos nove domínios descritos foi elaborado o mapa contendo a distribuição dos mesmos, conforme mostra a Fig. 6.



Pmp - Planalto Médió Paulista; **DA** - Depressão ou Nascentes Araguaia; **Pr Alcantilados** - Planaltos Rebaixados Alcantilados; **MATq** - Médio/Alto Taquari; **Camp.** - Campanha; **SG/EN** - Serra Gaúcha/Encosta Nordeste; **Pm/M** - Planalto Médió/Missões; **Pmc/Lg** - Planalto Médió Catarinense/Litoral Gaúcho; **II° Pp** - Segundo Planalto Paranense.

Fig. 6. Mapa das áreas de recarga com a localização dos domínios pedomorfoagroclimáticos em território brasileiro.

Fonte: Ebrapa (2002, adaptado ARAÚJO et al., 1995).

Considerações finais

A caracterização das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Brasil resultou na obtenção de dez domínios pedomorfoagroclimáticos, importantes na orientação de estudos que envolvem, principalmente, a interface agricultura e meio ambiente, servindo de base para propostas de ação sustentável para essas áreas.

A presente caracterização permite uma orientação em relação à escolha de porções potencialmente críticas para estudos específicos e mesmo para intervenção imediata naquelas identificadas como mais expostas a uma situação de risco, a exemplo dos domínios do Planalto Médio Paulista, Nascentes ou Depressão do Araguaia e Campanha, onde existem atividades agrícolas mais intensivas, com alta entrada de insumos, principalmente agrotóxicos.

Referências

- AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 20, p.1-26,1970.
- ARAÚJO, L. M.; FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. **Aquífero Aquífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai**: mapas hidrogeológicos das Fformações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. UFPR/Petrobrás, Curitiba: UFPR: Petrobrás, 1995. 16 p. 9 mapas.
- BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. **Aquífero Guarani**: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba: GIA: Fundação Roberto marinho, 2004. Curitiba: [s.n.], 2004. 214 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: DNPEA, ,1973. 431 p. (DNPEA. Boletim Técnico-técnico, 30).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional de Meio Ambiente. Projeto Pantanal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai Pantanal**: análise integrada e prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. Brasília, DF: [s.n.], 1997. 3 v., 7 tomos.
- CAMPOS, H. C. N. S. **Modelación conceptual y matemática del Acuífero Guarani, Cono Sur**. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos: CNPq, 2000. 50 p.

EMBRAPA. **Impacto ambiental e implicações sócio-econômicas da agricultura intensiva em água subterrânea.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 36 p. (Relatório técnico).

EMBRAPA. **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani e implicações na qualidade da água subterrânea.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 38 p. Relatório técnico.

EPAGRI. **Zoneamento agroambiental.** Florianópolis: EPAGRI, 1997. 1 CD-ROM.

GOMES, M. A. F.; NEVES, M. C.; SPADOTTO, C. A.; LUIZ, A. J. B. **Mapeamento expedito dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água para os solos da microbacia do Córrego do Espraiado em Ribeirão Preto-SP.** In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: SBSC: ESALQ, 1996. 4 p. 1 CD-ROM.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebutiuron na água subterrânea da microbacia do Córrego Espraiado, Ribeirão Preto-SP. **Pesticidas:** Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba, v. 11, p. 65-76, 2001.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F.; SPADOTTO, C. A. Uso agrícola das áreas de recarga do Aquífero Guarani e implicações na qualidade da água subterrânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 36-42. (Embrapa Soja. Documentos, 180).

IAC. **Dados meteorológicos.** Ribeirão Preto: Estação de Ribeirão Preto, [199-]. (Relatório de dados meteorológicos do período 1990-1998).

IAC. **Plano cartográfico do Estado de São Paulo:** carta pedológica do Estado de São Paulo – Ribeirão Preto. Campinas: IAC, 1991. Escala: 1:100.000.

IAPAR. **Caracterização da estrutura de produção agropecuária do Estado do Paraná.** Londrina, 2002. 1 p. (Informe Técnico 01/2002).

INSTITUTO CEPA. **Síntese anual de agricultura de Santa Catarina:** 1998 – 1999. Florianópolis: [s.n.], 1999. 159 p.

MATALLO, M. B.; LUCHINI, L. C.; GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; CERDEIRA, A. L.; MARIN, G. C. Lixiviação dos herbicidas tebutiuron e diuron em colunas de solo. **Pesticidas, Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente,** Curitiba, v. 13, p. 83-90, 2003.

MATALLO, M. B.; SPADOTTO, C. A.; LUCHINI, L. C.; GOMES, M. A. F. Sorption, degradation and leaching of tebutiuron and diuron in soil columns. **Journal of Environmental Science and Health. Part B,** New York, v. 40, p. 39-43, 2005.

MIKLÓS, A. A. de W.; GOMES, M. A. F. **Levantamento semi-detalhado dos solos da Bacia Hidrográfica do Córrego do Espraiado, Ribeirão Preto-SP.** Jaguariúna: [s.n.], 1996. 48 p. Relatório de consultoria técnica.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SOUSA, M. S. D. de; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A. L.; MONTICELLI, A. Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho-Escuro da área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 4, n. 1, p. 15-24, 1999.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SOUSA, M. S. D. de; NICOLELLA, G.; CERDEIRA, A. L.; MONTICELLI, A. Simulação do movimento de herbicidas utilizados no monocultivo de cana-de-açúcar em Areia Quartzosa da área de recarga do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto, SP. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 3, n. 2, p. 11-19, 1998.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; NEVES, M. C.; CERDEIRA, A. L.; SOUSA, M. S. D. de. Identificação de áreas de exposição ao risco de contaminação de águas subterrâneas pelos herbicidas atrazina, diuron e tebutiuron. **Pesticidas, Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, p. 111-122, 2003.

PROJETO RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Folhas das bordas da Bacia Sedimentar do Paraná**: diversos volumes. Rio de Janeiro: [s.n.], 1983-1988.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, B. S.; CORRÊA, F. G. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; HORNSBY, A. G. Pesticide leaching potential assessment in multi-layered soils. **Pesticidas, Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 1-12, 2002.