

Documentos

ISSN 1516-4691

Junho, 2006

52

Caracterização das Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil - Base para uma Proposta de Gestão Sustentável

República Federativa do Brasil

Luis Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Luís Carlos Guedes Pinto

Presidente

Sílvio Crestana

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Sílvio Crestana

Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França

Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá

Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral

Ladislau Araújo Skorupa

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz

Chefe-Adjunto de Administração

Ariovaldo Luchiani Junior

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

Documentos 52

Caracterização das Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil - Base para uma Proposta de Gestão Sustentável

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

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8750 Fax: (19) 3867-8740
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicação da Unidade

Presidente: *Ladislau Araújo Skorupa*

Secretário-Executivo: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Heloisa Ferreira Filizola, Manoel Dornelas de Souza, Cláudio César de Almeida Buschinelli, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Osvaldo Machado R. Cabral e Marta Camargo de Assis*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Sandro Freitas Nunes*

1ª edição eletrônica

(2006)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Caracterização das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: base para uma proposta de gestão sustentável / Marco Antônio Ferreira Gomes, Heloisa Ferreira Filizola, Cláudio Aparecido Spadotto e Anderson Soares Pereira. — Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 20p. — (Embrapa Meio Ambiente. Documentos; 52).

1. Aquífero Guarani. I. Gomes, Marco Antonio Ferreira. II. Filizola, Heloisa Ferreira. III. Spadotto, Cláudio Aparecido. IV. Pereira, Anderson Soares. V. Título. VI. Série.

CDD 551.49

© Embrapa 2006

Autores

Marco Antônio Ferreira Gomes

Geólogo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas,
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: gomes@cnpma.embrapa.br

Heloisa Ferreira Filizola

Bacharel em Geografia, Doutora em Pedologia,
Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: filizola@cnpma.embrapa.br

Cláudio Aparecido Spadotto

Engenheiro Agrônomo, PhD em Ciências do Solo,
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: spadotto@cnpma.embrapa.br

Anderson Soares Pereira

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem,
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: anderson@cnpma.embrapa.br

Sumário

| | |
|---|----|
| Introdução | 05 |
| Material e Métodos | 06 |
| Resultados | 07 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo | 08 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Minas Gerais | 09 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Goiás | 10 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani na porção leste do Estado de Mato Grosso | 11 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado do Mato Grosso do Sul | 12 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado do Paraná | 13 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado de Santa Catarina | 14 |
| Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul | 14 |
| Conclusões | 17 |
| Referências Bibliográficas | 17 |

Caracterização das Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil - Base para uma Proposta de Gestão Sustentável

Marco Antônio 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 de acordo 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 Arenito Botucatu que encerra o aquífero 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 aquífero Guarani, seja no Brasil seja no Paraguai ou Uruguai, a diversificação de uso e de manejo têm 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 aquífero 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; EMBRAPA, 1999; EMBRAPA, 2002 ; PESSOA et al., 1998; PESSOA et al., 1999; GOMES et al., 2001; SPADOTTO et al., 2002; PESSOA et al., 2003 e 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, 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 (BPA's). Como instrumento de apoio a esses trabalhos, propõe-se neste trabalho a caracterização dessas áreas por meio dos chamados **Domínios Pedomorfoagroclimáticos**, abrangendo os 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 agroecológico, fundamentais no planejamento com enfoque sustentável para as áreas de recarga direta ou de afloramento do aquífero Guarani no Brasil.

Material e Métodos

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 104.143 km² (BORGHETTI et al., 2004) abrangendo oito 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 as 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 oito 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 (03) faixas que poderiam, a princípio, serem interpretadas como três domínios; no entanto, diferenças específicas e sutis, quanto ao 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 figuras 1 a 6 e dos quadros 1 a 8.

Resultados

Os resultados obtidos permitiram a proposição de 10 (dez) Domínios Pedomorfoagroclimáticos para as áreas de recarga do aquífero Guarani no Brasil, sendo 01 (um) domínio para cada um dos estados de SP, MG, MS, MT, PR e SC; 02 (dois) domínios para GO, sendo que um deles é também comum a MT, e 03 (três) domínios para RS, conforme descrição a seguir:

Domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do aquífero Guarani no Estado de São Paulo

A área de recarga 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 mais importantes: Franca, Batatais, Brodosqui, Altinópolis, Cajuru, Serrana, Ribeirão Preto, Cravinhos, São Simão e Luís Antonio, representada pela figura 1; **faixa de recarga da porção Central**, com os seguintes municípios: Araraquara, Américo Brasiliense, Rincão, Santa Lúcia, Corumbataí, São Carlos, Ibaté, Analândia, Itirapina, Brotas, Bocaina, Dois Córregos, Boa Esperança do Sul, Bariri, Rio Claro, Piracicaba, 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: Pardinho, Bofete, Torre de Pedra, Paranapanema, Avaré, Itaí e Tejuapé. O quadro 01, 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 suave ondulado a ondulado em toda a extensão dessas áreas.



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

Quadro 1. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes nas três faixas que compõem o Domínio Pedomorfoagroclicmático das áreas de recarga do aquífero Guarani no estado de São Paulo.

| Domínio Pedomorfoagroclicmático | Faixas | Solos | Culturas predominantes | Precipitação Média Anual (mm) | Temperatura Média Anual (°C) |
|---------------------------------|------------------|-----------|---|-------------------------------|------------------------------|
| Planalto Médio Paulista | Faixa norte | LVq RQ | Cana-de-açúcar | 1.550 | 22,4 |
| | Faixa Central | RQ PVq | Cana-de-açúcar/citros, arroz irrigado e pastagem | 1.700 | 21,6 |
| | Faixa Centro-sul | RQ | 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 1990-1998.
LVq – Latossolo Vermelho psamítico; RQ – Neossolo Quartzarênico; PVq – Argissolo Vermelho de textura média (IAC, 1991; MIKLÓS & GOMES, 1996).

Domínio Pedomorfoagroclicmático das áreas de recarga do aquífero Guarani no Estado de Minas Gerais.

No estado de Minas Gerais as áreas de recarga do aquífero Guarani ocupam cerca de 1.634 Km² (BORGHETTI et al., 2004) a menor entre todos os estados que possuem áreas de recarga, abrangendo principalmente os municípios de Monte Santo de Minas, Itamoji, São Sebastião do Paraíso, São Tomás de Aquino, Capetinga, Cássia, 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 pedomorfoagroclicmático, denominado **Borda Ocidental da Mantiqueira**. O quadro 2, sintetiza as informações relativas e a esse domínio.

Quadro 2. Características de solos, clima e tipo de cultura predominante no Domínio Pedomorfoagroclicmático das áreas de recarga do aquífero Guarani no estado de Minas Gerais.

| Domínio Pedomorfoagroclicmático | Solos | Cultura predominante | Precipitação Média Anual (mm)* | Temperatura Média Anual (°C)* |
|---------------------------------|-----------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Borda Ocidental da Mantiqueira | RQ CXa | Pastagem | 1.580 | 20,9 |

*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.
RQ – Neossolo Quartzarênico; CXa – Cambissolo Háplico Aluminico

Domínios Pedomorfoagroclimáticos das áreas de recarga 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 os paralelos 17°00' e 18°30' Sul e os meridianos 51°50' e 53°20' 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 no quadro 3, foram definidos dois domínios pedomorfoagroclimáticos para esta região, denominados *Nascentes ou Depressão do Araguaia* (figura 2) e *Planaltos Rebaixados Alcantilados* (figura 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 os paralelos 17°30' e 18°20' Sul e os meridianos 51°50' e 52° 50' Oeste.



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.



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

Quadro 3. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes no domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do aquífero Guarani no estado de Goiás.

| Domínio Pedomorfoagroclimático | SOLOS | Culturas predominantes | Precipitação Média (mm) | Temperatura Média(°C) |
|------------------------------------|------------|---|-------------------------|-----------------------|
| Nascentes ou Depressão do Araguaia | RQo + LVdq | Soja, milho e pastagem (possibilidade p/ 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 entre 1995 e 2000.

Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do aquífero Guarani na porção sudeste do Estado de Mato Grosso.

No estado de Mato Grosso, até o momento, foi considerada apenas a região de Alto Garças que mantem 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 os paralelos 16°40' e 18°00' Sul e os meridianos 53° 20' e 54°10' Oeste. Os principais municípios que estão nesta porção das áreas são: Alto Taquari, Alto Araguaia, Alto Garças e Poxoréo. Os principais dados contidos no quadro 4 expressam suas características que, pela semelhança e proximidade, também se insere no Domínio *Nascentes ou Depressão do Araguaia*.

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

| Domínio Pedomorfoagroclimático | Solos | Culturas predominantes | Precipitação Média Anual (mm) | Temperatura Média Anual (°C) |
|------------------------------------|-----------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Nascentes ou Depressão do Araguaia | RQ LVq | Soja/milho | 1.830 a 2.130 | 22,3 |

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

Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga 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 latitudes 17°20' e 22°10' Sul e as longitudes 53°10' e 56°20' Oeste, abrangendo em quase toda sua extensão a bacia hidrográfica do Alto Taquarí. Esta é composta basicamente pelos rios Taquarí, 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/pecuário com o domínio do Alto Taquari e Coxim, embora em condições de solos mais úmidos, esta porção será inserida preliminarmente aqui, até que sejam levantadas mais informações que possam definir sobre a existência de mais um domínio, onde poderiam ser incluídos os municípios de Rochedo, Rio Negro, Rio Verde de Mato Grosso, Aquidana, Jardim, Nioaque, Terenos, Guia Lopes da Laguna, Ponta Porã, Sidrolândia e Bandeirantes.

Devido à predominância de um único padrão pedomorfoagroclimático, considerando somente as áreas de **recarga direta ou de afloramento** do aquífero Guarani, com diferença apenas entre vegetação/pastagem nativa e pastagem cultivada, foi definido apenas um domínio denominado de **Alto Taquari e Coxim** (figura 4), conforme informação contida no quadro 5.



Fig. 4. Pastagem com *Brachiaria Decumbens* em área terraceada no município de Alcinoópolis-MS.

Quadro 5. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes no domínio pedomorfoagroclimático do Alto Taquari e Coxim, estado de Mato Grosso do Sul.

| Domínio Pedomorfoagroclimático | Solos | Culturas Predominantes | Precipitação Média* (mm) | Temperatura Média* (°C) |
|--------------------------------|-------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Alto Taquari e Coxim | RQ | Pastagem nativa Pastagem cultivada | 1.460 | 23,5 |

*Média de 5 anos, considerando medidas realizadas em Coxim- MS (informações obtidas *in loco* do COINTA); (BRASIL, 1997).

Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga 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' Sul e 49° 40' e 51° 05' 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 no quadro 6.

Caracterização das Áreas de Afloramento do Aquífero Guarani no Brasil - Base para uma Proposta de Gestão Sustentável

Quadro 6. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do aquífero Guarani no estado do Paraná.

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

Fonte: IAPAR (2002).

RQ – Neossolo Quartzarênico; PVq – Argissolo Vermelho de textura média.

Domínio Pedomorfoagroclimático das áreas de recarga 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, próximo à divisa com o estado do Paraná, como Porto União e Lebon Régis. Essa área estende ao sul até a divisa com o Rio Grande do Sul e estão inseridas nas coordenadas 26°15' e 28°30' Sul e 49° 20' e 51° 05' Oeste.

A porção de recarga nesse estado apresenta uma faixa bastante delgada, tendo em alguns locais 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. O quadro 7, sintetiza as informações gerais deste domínio.

Quadro 7. Características climáticas e tipos de culturas predominantes no domínio pedomorfoagroclimático das áreas de recarga do aquífero Guarani no estado de Santa Catarina.

| Domínio pedomorfoagroclimático | Solos | Culturas predominantes | Precipitação Média Anual (mm) | Temperatura Média Anual (°C) |
|--------------------------------|-----------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Médio Planalto Catarinense | RQ PVq | Pastagem Maçã | 1.250 | 17,5 |

Fonte: EPAGRI (1997); INSTITUTO DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA (1999).

RQ – Neossolo Quartzarênico; PVq – Argissolo Vermelho de textura média.

Domínios Pedomorfoagroclimáticos das áreas de recarga 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 longo de uma faixa delgada de

leste a oeste do estado, com inflexão para o sul até a divisa com o Uruguai, adentrando-se nesse país por cerca de dezenas 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 pedomorfoagroclicmáticos, denominados de *Serra Gaúcha/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 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 figura 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 a uma situação de risco de contaminação por agrotóxicos usados nessa cultura. O quadro 8, sintetiza as informações relativas a esses domínios.



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

Quadro 8. Características de solos, clima e tipos de culturas predominantes nos diferentes domínios pedomorfoagroclicmáticos das áreas de recarga do aquífero Guarani no estado do Rio Grande do Sul.

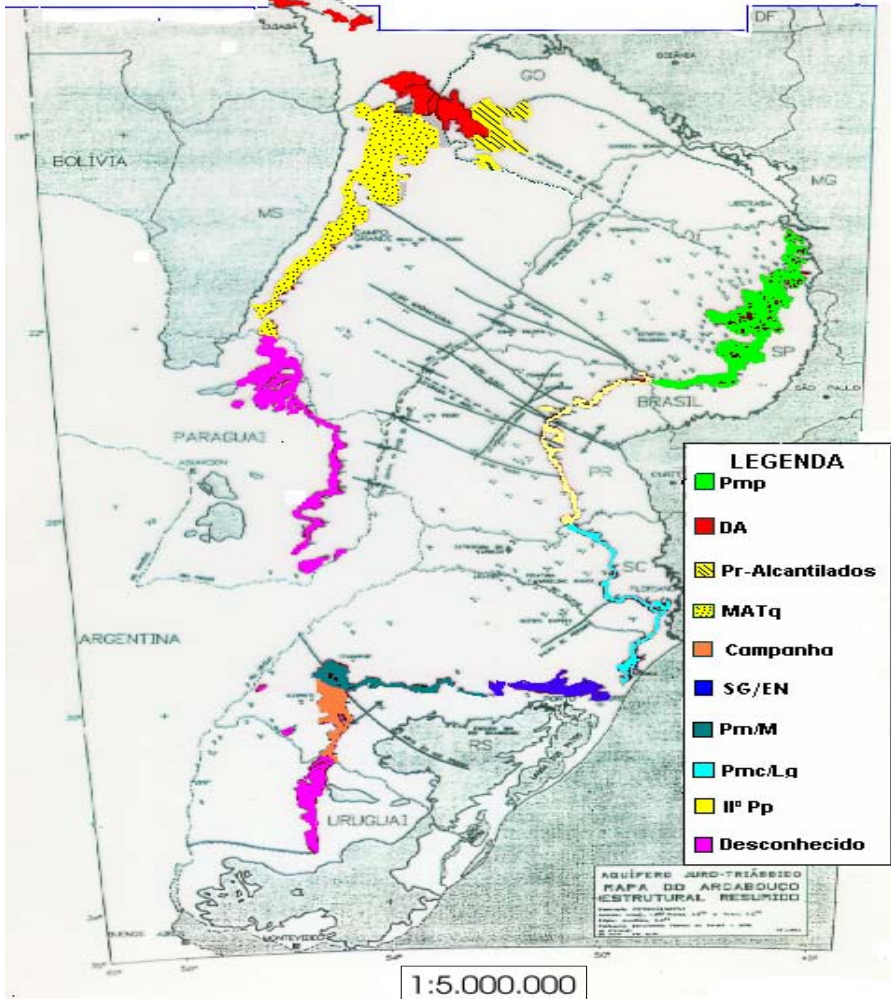
| Domínio Pedomorfoagroclicmático | Solos | Culturas dominantes | Precipitação Média Anual* (mm) | Temperatura Média Anual* (°C) |
|--|----------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Serra Gaúcha/encosta inferior nordeste | CXve | Uva | 2.470 | < 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 |

*Fonte: Brasil. Ministério da agricultura (1973);

CXve – Cambissolo Háplico Eutrófico; PVq – Argissolo Vermelho textura média; RQ – Neossolo Quartzarênico.

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

DOMÍNIOS PEDOMORFOAGROCLIMÁTICOS DAS ÁREAS DE RECARGA DO AQUIFERO GUARANI EM TERRITÓRIO BRASILEIRO



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

Fig. 6. Mapa das áreas de recarga com a localização dos Domínios Pedomorfoagroclimáticos em território brasileiro. Mapa obtido da base proposta por ARAÚJO, L.M.; FRANÇA, .A.B.; POTTER, P.E. Aquífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (1995).

Citação do mapa:
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Uso agrícola das áreas de recarga do Aquífero Botucatu (Guarani) e implicações na qualidade da água subterrânea*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 38p. (Relatório Final). Ajustado em 2005.

Conclusões

A caracterização das áreas de recarga do aquífero Guarani no Brasil resultou na obtenção de dez domínios pedomorfoagroclicmáticos, 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, ainda que preliminar, quanto à escolha de porções potencialmente mais 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 existe uso agrícola mais intensivo 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 gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai**: mapas hidrogeológicos das Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacuarembó. Curitiba: UFPR/Petrobrás, 1995. 16p. (9 mapas).

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani**: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba, 2004. 214p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, nº 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 Pantanal-PCBAP**. Brasília, 1997. 3v. em 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. 50p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Impacto ambiental e implicações sócio-econômicas da agricultura intensiva em água subterrânea.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 26p. (Relatório final de projeto).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani e implicações na qualidade da água subterrânea.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 38p. (Relatório final de projeto).

EPAGRI. **Zoneamento agroambiental.** Florianópolis, 1997. 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...** Campinas: SBCS/ESALQ. 1996. 4p. (CD-ROM).

GOMES, M.A.F.; FILIZOLA, H.F.; MARIA DE PAULA, M.; DIOGO, A.; CERDEIRA, A. L. **Áreas críticas nas porções de recarga do Aquífero Guarani localizadas nas nascentes do Rio Araguaia.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 16p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 18).

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**, 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. 2002. (Embrapa Soja. Documentos, 180).

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

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

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

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA. **Síntese anual de agricultura de Santa Catarina – 1998-1999**. Florianópolis, 1999. 159p.

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**, 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**, 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 Espreado, Ribeirão Preto-SP**. Jaguariúna, 1996. 48p. (Relatório de consultoria).

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; 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**, v.3, n.2, p.11-19, 1998.

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; DORNELAS DE SOUSA, M.; 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**, v. 4, n.1, p.15-24, 1999.

PESSOA, M.C.P.Y.; GOMES, M.A.F.; NEVES, M.C.; CERDEIRA, A.L.; DORNELAS DE SOUSA, M. 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**, v.13, p.111-122, 2003.

PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas das bordas da Bacia Sedimentar do Paraná** (diversos volumes). Rio de Janeiro, 1983/1988.

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

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, v. 12, p. 1-12, 2002.

Embrapa

Meio Ambiente

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**

