

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ANÁLISE DE AGROTÓXICOS NA REGIÃO OESTE DA BAHIA E BREVE REFLEXÃO SOBRE A MOBILIDADE DE RESÍDUOS

Leanize Teixeira Oliveira¹ & Paulo Cesar Villar²

Resumo – A região Oeste da Bahia é considerada o principal polo de desenvolvimento do agronegócio baiano. Culturas de soja, milho, algodão, café entre outras desenvolvem-se em regime de sequeiro ou irrigação. O volume de agroquímicos utilizados na região tem sido crescente, seja pelo aumento da área plantada seja pelo aumento na oferta de produtos fertilizantes e agrotóxicos que são utilizados nas lavouras visando o aumento de produtividade. O Serviço Geológico do Brasil, através dos Projetos de Pesquisa Hidrogeológica em Bacias Sedimentares e Projeto RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas), realizou coleta de águas subterrâneas e superficiais em sub-bacias dos rios Corrente e Grande visando a análise de resíduos de agrotóxicos. Apenas em dois pontos foram detectados resíduos, com valores abaixo do limite de potabilidade da água para consumo humano, segundo a portaria 2914/11, sendo que no ponto em que houve possibilidade de reamostragem a positividade não se confirmou. Os resultados encontrados sugerem continuidade dos estudos visando um maior aprofundamento do conhecimento sobre o comportamento destes resíduos no solo e sua permanência na água, principalmente pelo fato de ser alto o potencial de transporte do princípio ativo de alguns produtos quando associados a sedimento ou dissolvidos em água.

Abstract – The Western Bahia region is considered the main pole of agribusiness development in Bahia . Soybean, corn, cotton, coffee among others thrive with or without irrigation. The volume of pesticides used in the region has been growing , either by increasing the planted area either by increasing the supply of fertilizers and pesticides that are used on crops in order to increase productivity . The Geological Survey of Brazil , through projects Hydrogeological Research in Sedimentary Basins and RIMAS project (Integrated Monitoring Network of Groundwater) , held collect groundwater and surface water in sub - basins of Grande and Corrente rivers seeking the residue analysis pesticides . Only two points residues were detected , with values below the limit of

¹ SGB – CPRM: Av. Ulysses Guimarães 2862, CAB, CEP- 41213-000, FAX-7133714005 e IFBA/BA leanize.oliveira@cprm.gov.br.

² SGB – CPRM: Av. Ulysses Guimarães 2862, CAB, CEP- 41213-000, FAX-7133714005 paulo.villar@cprm.gov.br

potability of drinking water , according ordinance 2914/11 , and at the point where there was possibility of resampling positivity was not confirmed . The results suggest continuing studies aimed at further deepening the knowledge about the behavior of these residues in the soil and its permanence in the water , mainly because of the potential to be high transport the active ingredient in some products when associated with sediment or dissolved in water .

Palavras-Chave – Aquífero Urucuia, Agroquímicos.

1. INTRODUÇÃO

A região Oeste da Bahia é considerada hoje um dos maiores pólos de desenvolvimento do agronegócio no Brasil, sendo as principais culturas a soja, milho, algodão, café, feijão, além da criação de gado e fruticultura. Por serem os solos do Bioma Cerrado considerados pobres, são aplicados para o aumento de produtividade das culturas os fertilizantes além dos ditos defensivos agrícolas (herbicidas, fungicidas, inseticidas, entre outros).

Segundo dados divulgados pela Aciagri (Associação do Comércio de Insumos Agrícolas), a Central Campo Limpo de coleta de agrotóxicos, unidade de Rosário - município de Correntina, recebeu nos anos de 2009 e 2013, respectivamente 312ton e 800ton de embalagens vazias provenientes das lavouras da região de Correntina e Jaborandi, o que de certa forma demonstra o aumento do uso desses produtos.

O uso de agroquímicos nas lavouras, apesar de serem considerados relevantes insumos na agricultura mecanizada, além da problemática relacionada aos danos à saúde humana, pode gerar danos ao ambiente. A mobilidade dos princípios ativos na água e no solo deve abordar tanto a variedade de produtos comercializados e aplicados na lavoura, quanto a complexidade das variáveis no meio.

O Serviço Geológico do Brasil- CPRM , através dos Projetos de Pesquisa Hidrogeológica em Bacias Sedimentares e Projeto RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas), realizou coleta de águas subterrâneas e superficiais em sub-bacias dos rios Corrente e Grande visando a análise de resíduos de agrotóxicos. Este trabalho tem como objetivo apresentar o resultado das análises feitas em 88 (oitenta e oito) amostras de águas subterrâneas e apresentar uma breve avaliação de tendências de transporte de princípios ativos de Agrotóxicos.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada pertence à mesorregião do extremo oeste baiano, abrangendo as sub-bacias hidrográficas dos rios Arrojado, Formoso, Correntina, Ondas, Rio Grande e Fêmeas, todos afluentes

da margem esquerda do rio São Francisco. Abrange os municípios de Jaborandi e, parcialmente, os municípios de Correntina, Cocos e Coribe, localizados na porção sul, além dos municípios de São Desidério, Luis Eduardo Magalhães e Barreiras na porção norte. Importante salientar que a sede do município de Luís Eduardo Magalhães e os povoados do Rosário e Roda Velha, são os centros urbanos de importância localizados no entorno das áreas cultivadas, ver figura 1.

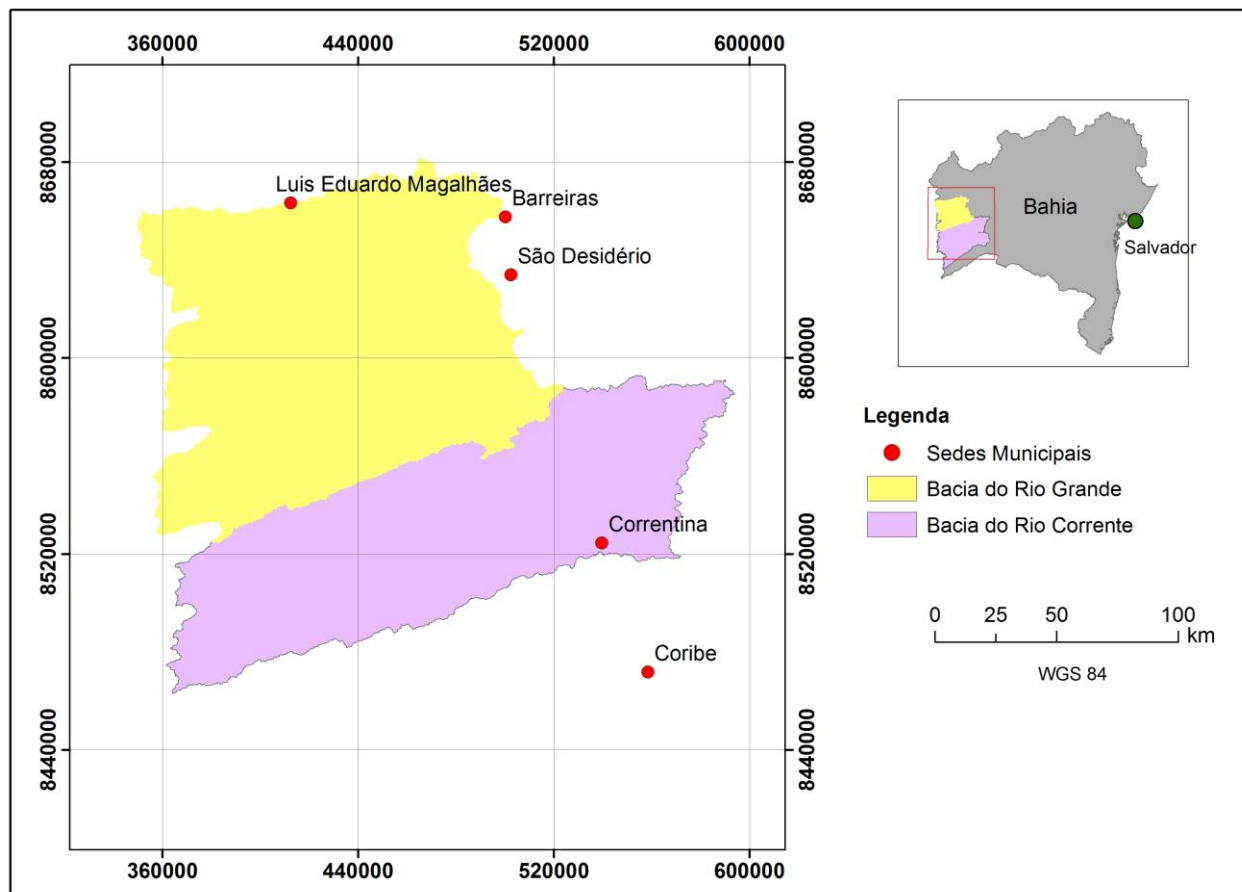


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS RELEVANTES

O Oeste baiano apresenta um clima classificado como tropical, com inverno seco - do tipo A_w , segundo Köppen. Localmente existe variação climática, com as porções mais a sul e a leste tendendo a serem mais secas, inclusive boa parte do município de Coribe está inserido no semi-árido. A pluviosidade diminui de oeste para leste e no sentido norte-sul, com valores variando entre 1200mm e 1000mm, sendo os menores valores encontrados nas proximidades de Coribe, na porção oriental sul da área de estudo. Característico e marcante na região são os períodos secos e chuvosos bem definidos. As chuvas ocorrem de outubro até abril, sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro os de maior precipitação, onde é comum ocorrer trovoadas. A concentração das chuvas em meses específicos do ano é marcante na região, tendo sido registrados períodos chuvosos de até 848 mm/mês como ocorreu em dezembro/89, registrada na estação Gatos. Também podem

ocorrer veranicos nos meses de janeiro. A figura 2 mostra o gráfico das precipitações médias mensais na estação Fazenda Planalto (01346006) em uma série histórica de 25 anos.

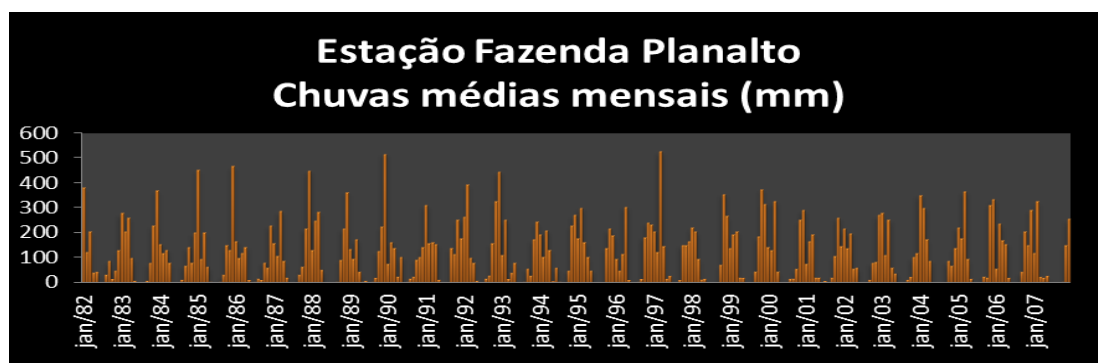


Figura 2. Gráfico de chuvas (mensais) no período de janeiro de 1982 a Janeiro de 2007 na estação Fazenda Planalto.

Os agroquímicos são aplicados, em sua maior parte, durante os meses chuvosos, que correspondem aos meses de plantio e trato da lavoura. Os gráficos da figura 3 a seguir mostram as chuvas do período entre junho de 2010 e junho de 2011 em algumas estações da Bacia do Corrente.

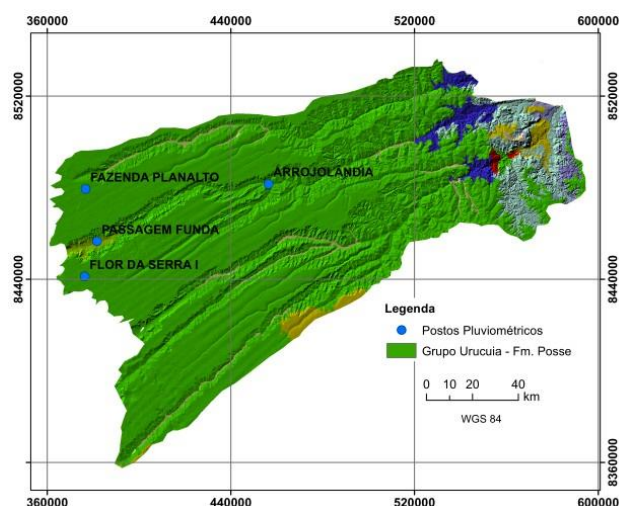
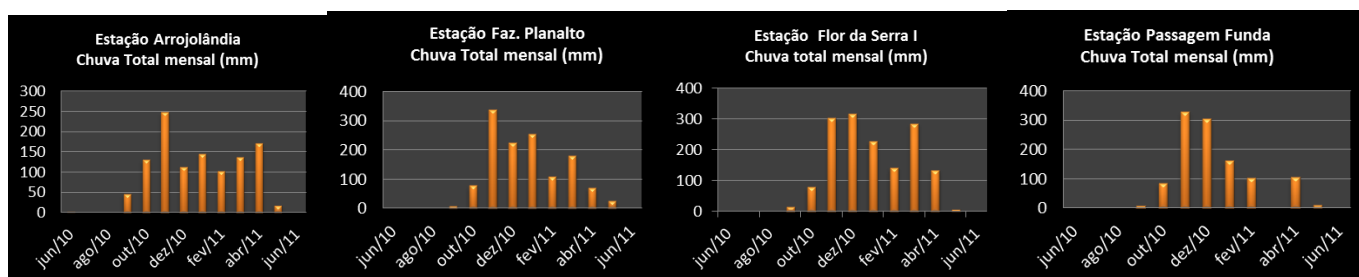


Figura 3. Gráficos de chuvas mensais das estações Arrojolândia, Flor da Serra I, Faz. Planalto e Passagem Funda, no período de Junho de 2010 a Junho de 2011.

A agricultura se desenvolve nas áreas aplainadas do Chapadão onde predomina a mecanização da lavoura e a aplicação intensiva de agroquímicos (fertilizantes, corretivos e agrotóxicos). O método predominante de aplicação geralmente se dá por via líquida, onde o produto é diluído em água formando a calda, sendo aplicada de forma terrestre ou aérea.

Nestas áreas ocorrem predominantemente solos do tipo latossolos amarelos e vermelho-amarelos distróficos, que são solos de textura média predominando areia fina. Segundo FUNATURA c, 1991, ocorrem além dos Latossolos Vermelho-amarelos, os solos Podzólicos e Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos e Litólicos). Trata-se de solos areno-quartzosos com fração argilosa inferior a 25%, forte a moderadamente drenados com elevada porosidade e permeabilidade, de textura média e baixa fertilidade. Gaspar, 2009, obteve a partir de ensaios de infiltração superficiais com infiltrômetro de duplo anel e em diferentes profundidades, com testes tipo *open end*, o valor da condutividade hidráulica vertical do solo da ordem de 10^{-4} m/s a 10^{-6} m/s.

Os parâmetros do aquífero Urucuaia foram investigados a partir de alguns estudos nos quais se obteve os parâmetros hidráulicos listados na tabela a seguir.

Tabela 1. Parâmetros hidráulicos do aquífero Urucuaia obtidos por diversos autores, na região Oeste da Bahia.

Autor	T (m ² /s)	K (m/s)	S	Local/Bacia Hidrográfica
Lima (2000) ¹	-	3,7x10 ⁻² 9,8x10 ⁻⁴	-	Rio dos Cachorros
Schuster et al. (2002)	1,61x10 ⁻² 1,62x10 ⁻²	1,00x10 ⁻⁴ 1,08x10 ⁻⁴	2,6x10 ⁻⁴ 1,5x10 ⁻⁴	Rio dos Cachorros
Nascimento (2003)	1,52x10 ⁻² 1,69x10 ⁻²	4,05x10 ⁻³ 4,11x10 ⁻³	7,5x10 ⁻⁴ 3,0x10 ⁻⁶	Rio das Fêmeas
Schuster (2003)	1,61x10 ⁻² 2,03x10 ⁻²	-	2,74x10 ⁻⁴ 5,39x10 ⁻⁴	Rio de Janeiro
Gaspar (2003) – 3 e 4	7,96x10 ⁻⁵ 2,76x10 ⁻⁴ 1,44x10 ⁻³	7,87x10 ⁻⁷ 1,38x10 ⁻⁶ 3,92x10 ⁻⁶	-	Rio Formoso e Rio Arrojado
CPRM (2008)	1,6x10 ⁻² 4,1x10 ⁻²	-	4,7x10 ⁻³ 8,6x10 ⁻³	Rio Arrojado e Rio Formoso
Pompeu & Rodrigues	4,0x10 ⁻³	5,0x10 ⁻⁵	-	Povoado Roda

(2002)				Velha de Baixo
Funatura (1992)	0,02	10 ⁻⁴	-	Fazenda Jatobá - Correntina

Fonte: CPRM, 2011.

A tabela 2 apresenta dados estatísticos da profundidade, nível estático, nível dinâmico, capacidade específica e vazão de produção dos poços que captam o Urucuia, obtidos a partir de dados dos poços cadastrados na bacia do rio Corrente. Estas informações foram obtidas principalmente das empresas perfuradoras, além de informações dos proprietários.

Tabela 2. Dados estatísticos dos poços tubulares cadastrados.

Parâmetros	Profundidade (m)	*Nível Estático (m)	**Nível Dinâmico (m)	Vazão (m ³ /h)	Capacidade Específica** (m ³ /h.m)
Média	126,00	64,24	84,56	29	12,97
Mediana	120,00	53,3	72,45	13	8,03
Desvio Padrão	51,29	30,90	33,17	72,30	15,19
Valor Máximo	290,00	150,00	162,00	560	48,68
Valor Mínimo	30,00	30,00	44,00	1	0,97
Número de valores	183	71	49	167	9

*Dados obtidos a partir das fichas de poços na data da perfuração. ** Vazões específicas para testes de até 28h de bombeamento. Obs: Verifica-se que em poços situados próximos às drenagens o NE observado chega a 4m.

Em amostras do arenito onde foram confeccionadas laminas delgadas a porosidade é do tipo intergranular e móldica variando de 14-21% e 21-27% sendo mais raro a do tipo intragranular. A partir de dois testes de aquífero realizados pela CPRM, 2008, a porosidade efetiva foi de 14% e 17%, com transmissividade de $4,1 \times 10^{-2}$ m²/s e $1,6 \times 10^{-2}$ m²/s, coeficiente de armazenamento de $8,6 \times 10^{-3}$ e $4,7 \times 10^{-3}$, condutividade hidráulica horizontal de $1,7 \times 10^{-4}$ m/s e $6,9 \times 10^{-5}$ m/s, condutividade hidráulica vertical de $1,4 \times 10^{-4}$ m/s e $8,1 \times 10^{-5}$ m/s, porosidade efetiva de $1,4 \times 10^{-1}$ e $1,7 \times 10^{-1}$ e difusividade de $2,7 \times 10^{-1}$ e $9,5 \times 10^{-2}$. A eficiência barométrica do aquífero foi calculada a partir das variações de pressão e de nível estático medidos por dataloggers em dois poços durante a realização de um teste de aquífero realizado pela CPRM em 2006, sendo obtido o valor de 0,38.

A demanda pela água subterrânea nos poços situados em propriedades agrícolas onde não há irrigação geralmente é maior nos períodos chuvosos devido ao uso da água para elaborar a calda para aplicação de fertilizantes e agrotóxicos, sendo que nos períodos secos a demanda cai em mais da metade.

É provável a existência de um divisor de águas subterrâneas no sentido aproximado NW-SE, e distante no máximo a 19km da cuesta. Contudo a presença de poucos poços de monitoramento nesta região impede de mapeá-lo com mais precisão. Ressalta-se ainda que o fluxo subterrâneo no sentido SW deve contribuir com a drenagem superficial da bacia do Tocantins.

A disposição das curvas isopotenciométricas nos mapas colabora com a teoria já comprovada anteriormente, a partir das análises isotópicas, da condição de rios efluentes da região, fato de extrema relevância para a Bacia do rio São Francisco. Contudo a condição de rios perenes não representa a totalidade das drenagens, a exemplo do rio Veredãozinho.

Nas nascentes dos rios Formoso, Pratudão, Pratudinho e Arrojado destaca-se a presença de lagoas dando origem às drenagens, ver figura 4.

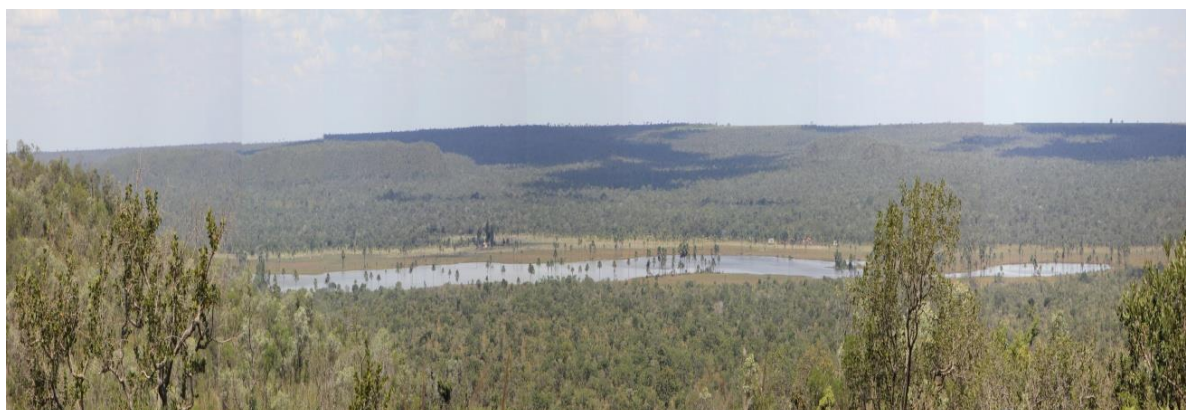


Figura 4. Vista panorâmica da nascente do rio Pratudão.

4.LEVANTAMENTO DOS AGROTÓXICOS UTILIZADOS E METODOLOGIA DE TRABALHO

O consumo de agrotóxicos no Brasil tem sido bastante elevado. Segundo a Anvisa em 2009 haviam 2.195 produtos registrados e foram vendidos 789.974 toneladas, o que representaria cerca de 16% do mercado mundial (Jorge, D.M, 2010). Em 2008, o Brasil assumiu o primeiro lugar no ranking como maior mercado consumidor de agrotóxicos no mundo. No Oeste da Bahia o consumo de agrotóxicos é impulsionado pela forte atuação do agronegócio, sendo empregado principalmente no

cultivo da soja, milho e algodão, movimentando um mercado que atinge cifras da ordem de mais de 1 bilhão de reais por ano.

A metodologia de estudo contemplou os seguintes passos:1) Coleta de informações a respeito dos produtos utilizados nas lavouras na área de estudo;2) Escolha dos pontos a serem amostrados e 3) Análise e interpretação dos resultados.

As análises físico-químicas da água foram feitas entre 2006 e 2007, cujos dados foram publicados em CPRM,2008. Neste projeto, o Serviço Geológico do Brasil em convênio com a FINEP realizou amostragem nas águas subterrâneas e superficiais em 34 poços tubulares e cinco amostras de águas dos rios Arrojado e Formoso, em quatro campanhas distintas que ocorreram no período chuvoso, após período chuvoso e no período seco, totalizando 156 análises. Nestes estudos constatou-se a baixa mineralização das águas subterrâneas, onde a alcalinidade das águas é dada principalmente pelo constituinte bicarbonato, tratando-se de uma água ácida com pH médio variando entre 5,3 a 5,7, sendo o mínimo de 4,4 e máximo de 7,4, não tendo sido identificado um comportamento previsível do ponto de vista das variações sazonais.

A tabela 3 apresenta os valores médios, mínimos e máximos dos resultados das análises realizadas entre 2005-2006 (físico-químicas, cátions e ânions)obtidos para as quatro campanhas, tendo sido analisados Nitrato, Sulfato, Fosfato, Cloreto, Alcalinidade de bicarbonato, Cálcio total, Magnésio total, Sódio total, Potássio total, Ferro total, Manganês total e Alumínio total, além de CE e pH dos poços obtidos na data da coleta.

Tabela 3. Valores Médios, Mínimos, Máximos e desvio padrão dos parâmetros analisados nas amostras de água subterrânea.

	CE				pH				STD			
	1ª.	2ª.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.
Média	17	17.51	26.77	26.87	5.29	5.3	5.66	5.73	14.8	18.77	15.07	11.9
Mín.	<4	4.83	6	4.78	4.4	4.42	4.37	4.88	<4	4	<4	4
Máx.	87	121	234	222	6.6	6.76	7.16	7.4	85	134	135	116
Desvio padrão	20.81	26.64	45.78	44.63	0.54	0.7	0.71	0.66	19.8	28.29	26.19	21.5

	Ca total (mg/l)				Mg total (mg/l)				Na total (mg/l)				K total (mg/l)			
	1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.
Média	1.33	1.41	2.36	2.02	0.14	0.15	0.16	0.53	0.67	0.25	0.18	0.27	<0,3	0.33	0.12	0.22
Mín.	<0,1	<0,1	<0,1	0.10	<0,1	<0,1	<0,02	0.10	0.2	<0,1	<0,1	0.00	<0,3	<0,3	<0,1	0.10
Máx.	12	15	41	36.1	1	1.5	3.2	13.2	6.6	1.2	0.51	2.39	1.2	1.2	0.39	4.74
Desvio	3.09	3.36	7.93	6.53	0.18	0.26	0.61	2.13	1.16	0.2	0.1	0.41	0.16	0.16	0.07	0.74

<i>padrão</i>																	
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	Al total (mg/l)				Mn total (mg/l)				Fe total (mg/l)				SO ₄ ⁻²			
	1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.	1a.	2a.	3a.	4a.	1ª.	2a.	3a.	4a.
Média	0.43	<0,3	0.1	0.3	<0,04	<0,04	0.022	0.05	0.5	0.63	0.61	0.77	<2	2.2 4	1.28	2.02
Mín.	<0,3	<0,3	<0,1	0.3	<0,04	<0,04	<0,01	0.04	<0,1	<0,1	<0,05	0.10	<2	<2	<1	2.00
Máx.	2.9	<0,3	0.1	0.3	0.05	0.06	0.09	0.10	4.2	4.4	2.6	7.28	<2	9.3	4.6	2.57
Desvio padrão	0.49	0	0	0	0	0	0.02	0.02	0.92	1	0.77	1.50		1.3 3	0.71	0.11

	Alcalinidade HCO ₃ ⁻				Cl ⁻				NO ₃ ⁻				PO ₄ ⁻		
	1a.	2a.	3a.	4a.	1ª.	2a.	3a.	4a.	1ª.	2a.	3a.	4a.	1a.	3a.	4a.
Média	6.83	8.1	10.49	2.57	2.69	2.63	6.89	2.24	0.3	0.29	0.497	0.203	0.07	0.021	0.071
Mín.	<2,5	<2,5	<1	2.27	<2	<2	2.9	2.00	<0,2	<0,2	<0,2	0.2	<0,07	0.050	<0,07
Máx.	45	57	122	3.69	11	4.8	20	3.69	0.59	1.5	4.37	0.31	0.07	0.020	0.09
Desvio padrão	10.68	13.04	24.08	0.23	2.03	0.84	3.86	0.38	0.12	0.31	0.8	0.018	0	0.006	0.006

Em 2011, o SGB realizou a complementação dos estudos procedendo à coleta das águas superficiais e subterrâneas para análise de resíduos de agrotóxicos nas bacias dos rios Arrojado, Formoso e Éguas (todos afluentes do rio Corrente) e entre maio de 2011 e junho de 2012 nas bacias do rio das Fêmeas e rio de Ondas (afluentes do rio Grande).

Inicialmente foi feita a coleta de informações para verificar quais os principais tipos de agroquímicos utilizados na área de estudo. Assim, foi consultado a ADAB (Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia), alguns pontos de revenda de agroquímicos, em Posse e Rosário, além do contato direto com agricultores e visita à Central de recebimento de vasilhames, localizada no município de Correntina, próximo ao Povoado do Rosário.

Os produtos utilizados enquadraram-se nas classes herbicida (34%), inseticida (26%), fungicida (16%), reguladores de crescimento (4%), adjuvantes (1%) e mistos (18%), que inclui mais de uma classe em um único produto. Os percentuais acima referem-se ao quantitativo de produtos pesquisados e não ao volume aplicado nas lavouras. Segundo dados da Inpevi, apenas considerando a Central de Coleta de Campo Limpo, localizada no Rosário, houve um aumento de 251% na coleta de vasilhames e embalagens de agrotóxicos da região, o que significa um aumento do uso de agrotóxicos.

A partir da listagem do nome comercial dos produtos utilizados foi feito o levantamento dos principais princípios ativos a serem analisados. A seguir encontra-se a relação dos ingredientes

ativos mais comumente utilizados nas lavouras da área estudada no período 2010-2011, segundo as fontes consultadas. Os dados sobre os tipos de ingredientes ativos foram obtidos do site do ministério da agricultura (http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons), na ferramenta de consulta online denominada AGROFIT (Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários): abamectina, alacloro, acefato, atrazina, azoxistrobina, Bentazona e Imazamox, bentazona, bifentrina, carbendazim, carbo-sulfano, Carfentrazona-etílica, Ciproconazol, Ciproconazol e Picoxistrobina, chlorantraniliprole e lambda-cialotrina, cletodim, clomazona, deltametrina, diafentiurom, dibrometo de diquate, dicloreto de paraquate, diflubenzuron, epoxiconazol ou metaconazol e piraclostrobina, fludioxonil e metalaxil-M, fluazinam, glifosato, haloxi-P-metilico, lactofem, mistura de hidrocarbonetos, metomil, malationa, metoxifeno-zida, metanol e metomil, novaluron, óleo mineral, paraquate, piraclostrobina, S-metolacloro, sulfato tribásico de cobre, sulfentrazona, carbendazin, tiofanato-metilico, 2,4-D-dimetilamina, tetraconazol, tebuconazol e trifloxistrobina, teflubenzurom, Zeta-cipermetrina, endossulfam, alfa-cipermetrina, parationa metílica, tamaron, carbofurano. Estes últimos cinco ingredientes já foram bastante utilizados mas vem sofrendo restrições de uso recentemente. Vale ressaltar que acefato, carbofurano, lactofem, paraquate, parationa metílica, glifosato, abamectina, metamidofos e tiram estão entre os produtos que estão sendo reavaliados, e o endossulfam deve ter sido retirado do mercado em 2013, seguindo a programação da Resolução-RDC número 28 da ANVISA.

Os agrotóxicos, componentes e afins, são classificados do ponto de vista toxicológico e ambiental. Quanto a classificação ambiental cabe ao IBAMA realizar a avaliação do potencial de periculosidade ambiental, que segundo a Portaria de número 84 de 15/10/1996 baseia-se nos parâmetros bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos organismos, potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico, graduando-se em: Classe I (Produto Altamente Perigoso), Classe II (Produto muito Perigoso), Classe III (Produto perigoso) e Classe IV (Produto pouco perigoso).

Dentre os produtos aplicados nas lavouras da região e citados nesta pesquisa, 5% são do tipo I, 58% do tipo II, 33% do tipo III e 4% do tipo IV. Importante salientar que os percentuais referem-se aos quantitativos de princípios ativos dos produtos comerciais pesquisados e não ao volume de produtos aplicados.

Considerando-se o grande número de produtos aplicados, foi feito um levantamento com os principais ingredientes ativos a serem pesquisados, seja pela quantidade aplicada e/ou pela sua classificação ambiental nas classes I e II e III, para avaliar o risco de contaminação das águas

superficiais e subterrâneas, tendo sido sugeridos os seguintes: atrazina, clorotraniliprole, lambda-cialotrina, cipermetrina, óleo mineral, ciproconazol (e picoxistrobina), alaclor, metanol e metomil, carbendazin, endossulfam, glifosato, dicloreto de paraquate, carbosulfano, malation, endossulfam e carbofuran.

No item seguinte serão discutidos aspectos da coleta das amostras e dos métodos de avaliação do risco à contaminação no meio ambiente físico.

4.1 Pontos de Coleta

A rede de poços definida para a amostragem foi programada para atender de forma direcionada (já que não havia recursos para a realização de uma amostragem mais sistemática) à coleta em locais considerados mais representativos, considerando os seguintes aspectos: facilidade/possibilidade de acesso, autorização dos proprietários dos poços para amostragem; presença de elementos de risco de contaminação nas proximidades do poço (descarte de vasilhames e práticas inadequadas de manipulação do agrotóxico próximo ao poço), poço localizado em áreas de lavoura; profundidade do nível estático; e poços tubulares que apresentavam problemas construtivos a exemplo da presença de poço tubular com os filtros posicionados na porção mais superficial da coluna.

Na bacia do rio Corrente, as coletas foram realizadas em duas campanhas de amostragem e a opção pela data deve-se ao fato de ser período chuvoso e de aplicação dos agroquímicos nas lavouras da região. No período de 13 a 28 de janeiro de 2011 foi realizada a primeira campanha de campo para coleta de vinte e cinco (25) amostras de água para análise de resíduos agroquímicos, sendo dezenove (19) de águas subterrâneas (poços tubulares) e seis (06) de águas superficiais (rios). A segunda etapa ocorreu entre 04 e 16 de abril de 2011, e foram coletadas mais vinte e cinco (25) amostras, nas mesmas proporções. Na Bacia do rio Grande foram coletadas mais trinta e oito (38) amostras sem reamostragem, totalizando oitenta e oito (88) amostras. O mapa da figura 5 apresenta a localização dos pontos amostrados.

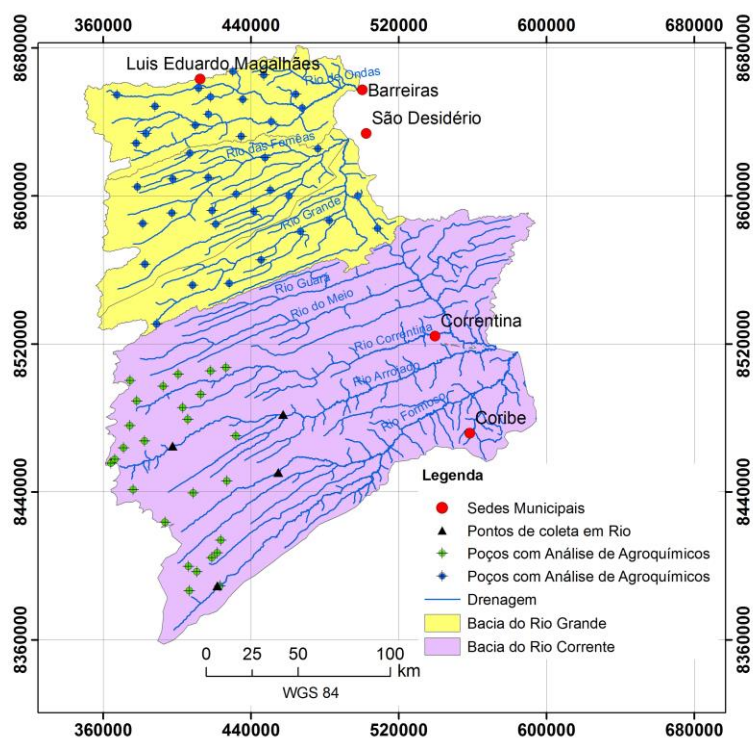


Figura 5. Mapa de localização dos pontos de coleta de água subterrânea e superficiais.

Os procedimentos para coleta, acondicionamento e preservação das amostras foram definidos pelo laboratório contratado. As amostras foram coletadas diretamente da boca do poço ou dos rios para dois vasilhames de vidro âmbar, de 1 litro cada, sem transferência de recipiente. Os vasilhames novos foram previamente descontaminados com acetona P.A. – A.C.S ((CH₃)₂CO). Após a coleta os vasilhames permaneceram refrigerados no transporte do campo para o laboratório, que durou entre 4 e 10 dias.

Durante a coleta foram medidos em campo os parâmetros de condutividade elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, pH e Temperatura da água.

O laboratório contratado para realizar as análises foi o LABTOX (Laboratório de Análises de Resíduos de Agrotóxicos) do ITEP (Instituto de Tecnologia de Pernambuco) que utilizou o “*Standard Methods for the examination of water and wastewater, 18th Edition – 1992*” como procedimento metodológico. O Método empregado de Multi-resíduos utiliza Extração Líquido-Líquido. A Quantificação é realizada por cromatógrafo a gás, com Detectores de Captura de Elétrons e Cromatógrafo Líquido (LC-MS/MS).

A análise compreendeu uma varredura de cerca de 164 compostos, sendo o limite de quantificação do método para organohalogenados de 0,03µg/l e para organofosforados de 0,1µg/l. Os compostos analisados foram: Acephate, Aldrin, Allethrin, Azinphos-ethyl, Azinphos-methyl, Azoxystrobin, Binfenthrin, Bromopropylate, Captan, Carbaryl, Carbendazim (Benomyl, thiophanate methyl), Carbofenothion, Carbofuran, Cyfluthrin (1,2,3,4), Cymoxanil, Cypermethrin (1,2,3,4),

Cyproconazole, Chlordane, clorfenvinfós, Chlorothalonil, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, DDT total, Deltamethrin, Diazinone, Dichlorvos, Dicofol, Dieldrin, Difenoconazole (1,2), Dimethoate, Disulfoton, endosulfam (alfa, beta e sulfato), Endrin, Esfenvarelate, Ethion, Ethoprophos, Etrimfos, Fenamiphos, Fenarimol, Fenitrothion, Fenpropathrin, Fenthion, Phenthoate, Fenvarelate, Fluazifop-P-butyl, Flutriafol, Folpet, Phorate, HCB, HCH (alpha, beta e delta), Heptachlor, Heptachlor epoxide, Imazalil, Iprodione, Lambda-cyhalothrin, Lindane, malaoxona, Malathion, Methamidophos, Methidathion, Mevinphos (cis and trans), Myclobutanil, Mirex, Monocrotophos, l-naftol, Omethoate, Oxyfluorfen, paraoxona metílica, Parathion-ethyl, Parathion-methyl, paraoxona etílica, Permethrin (cis and trans), Pyrazophos, Pirimiphos-ethyl, Pirimiphos-methyl, Procymidone, Prochloraz, Profenofos, Propargit, Propiconazole (1 and 2), Tebuconazole, Terbufos, Tetradifon, Thiabendazole, Triazophos, Trichlorfon, Trifluralin, vamidotona (sulfona e sulfóxido), Vinclozolin, Bioallethrin (1,2), Fipronil, aldicarbe(sulfona, sufóxido), Boscalid, Furathiocarb, Imidacloprid, Iprovalicarb, Methomyl, Penconazole, Spinosad (A and D), Thiametoxam, Thiodicarb, Bitertanol, Carbosulfan, Chlorfenapyr, Clofentezine, Kresoxim - methyl, Dimethomorph, etefom, Famoxadone, Fenpyroximate, Phosalone, Phosmet, Metalaxyl, Metconazole, Pyraclostrobin, Pyridaben, quintozeno, Tetraconazole, Thiacloprid, Triadimefon, Triadimenol, Triflumizole, Aldicarb, Acetamiprid, aldicarbe total, Buprofezin, clofentezina, Cyprodinil, Dichlofluanid, Diniconazole, Diuron, Dodemorph, Epoxiconazole, Spiroxamine, etiofencarbe (sulfona e sulfóxido), Etofenprox, Fenazaquin, Fenhexamid, Flusilazole, Fosthiazate, Hexaconazole, Linuron, metiocarbe (sulfona e sulfóxido), Nuarimol, Oxadixyl, Paclobutrazol, Pencycuron, Pirimicarb, Pirimicarb-desmethyl, Propoxur, Pyridaphenthion, Pyrifenox, Pyrimethanil, Pyriproxyfen, Tebufenpyrad, tridemorfe, Trifloxystrobin, Cyromazine, Ametryn, Bromuconazole, Dazomet, Thiobencarb, quinalfós, 3-hidroxi-carbofurano.

A tabela 5 apresentada abaixo mostra os dados dos poços amostrados para análise de resíduo de agrotóxico, com os valores de pH e Condutividade Elétrica medidos “in loco”.

Tabela 5. Resultados das análises de águas subterrâneas e seperficiais coletadas .

Código do Poço	Resultado para resíduos (µg/l)	Condutividade Elétrica (µS/cm)	pH	T(°C)	Data da coleta
PT 126 Bacia Corrente	Carbofuran (1,0 µg/l) Malathion (0,3 µg/l)	12,4	5,30	25,5	27.01.2011

PM 03	Chlomazone (0,05)				
Bacia Rio	Diuron (0,1)	5,9	5,2	25,5	27.05.2011
Grande	Metolachlor (0,08)				

Obs: Os demais pontos de coleta apresentaram como resultado: resíduo não detectado.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foi utilizado o programa AGROSCORE (Apoio à avaliação de tendências de transporte de princípios ativos de Agrotóxicos), desenvolvido por técnicos da EMBRAPA, em linguagem Quick Basic 4.5, para proceder a avaliação de tendências de risco de transporte de princípios ativos de agrotóxicos por modelos matemáticos do tipo screening (Pessoa, 2004). Neste programa é possível aplicar três modelos que são o Índice de GUS (Groundwater Ubiquity Score; Gustafson, 1989), o método de GOSS e utilizar os critérios estabelecidos pela EPA (Environmental Protection Agency), agência de proteção ambiental americana, para avaliar o risco. Este programa foi obtido por download a partir do site http://www.cnpma.embrapa.br/public/public_pdf21.php3?tipo=bo&id=51. Trata-se de métodos mundialmente aceitos e de ampla aplicabilidade nos estudos de avaliação do transporte dos princípios ativos de agrotóxicos no meio ambiente.

O índice de GUS é obtido a partir da equação: $GUS = \log(t_{1/2\text{solo}}) \times (4 - \log(K_{oc}))$, onde $t_{1/2\text{ solo}}$ representa a meia vida do produto no solo e K_{oc} é o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico. Após o cálculo do índice, o princípio ativo é classificado em uma das três seguintes categorias: Não sofre lixiviação ($GUS \leq 1,8$), Faixa de transição ($1,8 < GUS < 2,8$) e Provável Lixiviação ($GUS \geq 2,8$).

O método de GOSS avalia o potencial de transporte do princípio ativo do produto quando associado a sedimento ou dissolvido em água, apresentando o potencial de risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Neste caso não existe uma fórmula matemática para obtenção do índice e sim um conjunto de regras para classificação do potencial de transporte do princípio ativo associado a sedimento ou dissolvido em água. Nos dois casos o potencial de transporte pode ser considerado alto, médio ou baixo a depender dos seguintes fatores:

A) Regras para classificação do potencial de transporte do princípio ativo associado a sedimento:

I) Alto potencial

Regra 1 : $t_{1/2\text{ solo}} \geq 40$ dias e $K_{oc} \geq 1000\text{mL.g}^{-1}$ ou

Regra 2: $t_{1/2\text{ solo}} \geq 40$ dias e $K_{oc} \geq 500\text{mL.g}^{-1}$ e solubilidade em água $\leq 0,5\mu\text{g.mL}^{-1}$

II) Baixo potencial

Regra 1: $t_{1/2}$ solo ≤ 1 dia; ou

Regra 2 : $t_{1/2}$ solo ≤ 2 dias e $K_{oc} \leq 500\text{mL.g}^{-1}$ ou

Regra 3: $t_{1/2}$ solo ≤ 4 dias e $K_{oc} \leq 900\text{mL.g}^{-1}$ e solubilidade em água $\geq 0,5 \mu\text{g.mL}^{-1}$ ou

Regra 4: $t_{1/2}$ solo ≤ 40 dias e $K_{oc} \leq 500\text{mL.g}^{-1}$ e solubilidade em água $\geq 0,5 \mu\text{g.mL}^{-1}$ ou

Regra 5: $t_{1/2}$ solo ≤ 40 dias e $K_{oc} \leq 900\text{mL.g}^{-1}$ e solubilidade em água $\geq 2,0 \mu\text{g.mL}^{-1}$

III) Médio potencial

Quando não atender a nenhuma das regras anteriores

B) Regras para classificação do potencial de transporte do princípio ativo dissolvido em água

I) Alto potencial

Regra 1 : $t_{1/2}$ solo > 35 dias e $K_{oc} < 100.000\text{mL.g}^{-1}$ e solubilidade $\geq 1\mu\text{g.mL}^{-1}$ ou

Regra 2: $K_{oc} \leq 700\text{mL.g}^{-1}$ e $10 \leq \text{solubilidade} \leq 100\mu\text{g.mL}^{-1}$

II) Baixo Potencial

Regra 1: $K_{oc} \geq 100.000\text{mL.g}^{-1}$ ou

Regra 2 : $t_{1/2}$ solo ≤ 1 dia e $K_{oc} \geq 1.000\text{mL.g}^{-1}$ ou

Regra 3 : $t_{1/2}$ solo < 35 dias e solubilidade $< 0,5 \text{mg.mL}^{-1}$

III) Médio Potencial

Quando não atender a nenhuma das regras anteriores.

Desta forma o programa requer os seguintes dados de entrada para a obtenção dos resultados: coeficiente de adsorção ao carbono orgânico (K_{oc}), meia vida no solo ($t_{1/2}$ solo), meia vida do produto em água ($t_{1/2}$ água), solubilidade em água e constante de Henry (H) sendo que os dados mínimos para rodar pelo menos um dos modelos são K_{oc} e $t_{1/2}$ solo.

A tabela a seguir mostra os princípios ativos analisados e os resultados a partir do uso do programa AGROSCORE.

Tabela 6- Princípios ativos avaliados pelos métodos GUS, GOSS e EPA.

PRINCIPIO ATIVO	MÉTODO GUS (VALOR DO INDICE)	MÉTODO GOSS PARA SEDIMENTO	MÉTODO GOSS PARA ÁGUA	CRITÉRIOS EPA
Carbofurano	Provável Lixiviação (3.02)	Baixo Potencial	Médio Potencial	Fere ambiente

Ciproconazol	Provável Lixiviação (3,25)	Médio Potencial	Alto Potencial	Fere Ambiente
Metomil	Faixa de transição (2,2)	Baixo Potencial	Médio Potencial	Fere Ambiente
Glifosato	Não sofre Lixiviação (-0,36)	Médio Potencial	Médio Potencial	Fere ambiente
Paraquate dicloride	Não sofre Lixiviação (-2,56)	Alto Potencial	Baixo Potencial	Fere ambiente
Endosulfan	Não sofre Lixiviação (-0,10)	Alto Potencial	Médio Potencial	Fere ambiente
Paraquate	Não sofre Lixiviação (-6,95)	Alto Potencial	Baixo Potencial	Fere ambiente
Malation	Não sofre Lixiviação(-1,28)	Baixo Potencial	Médio Potencial	Fere ambiente
Carbosulfano	Não sofre Lixiviação (0,89)	Médio Potencial	Baixo Potencial	Fere ambiente
Carbendazim	Faixa de Transição (2,64)	Baixo Potencial	Alto Potencial	Fere ambiente
Alaclor	Faixa de transição (2,19)	Baixo Potencial	Médio Potencial	Fere ambiente

Apesar do potencial de lixiviação de alguns princípios ativos ser considerado médio a alto, o resultado negativo das análises demonstra que estudos mais detalhados deverão ser feitos para investigar a mobilidade dos compostos no solo, e avaliar os riscos de contaminação do aquífero.

No caso do ponto que apresentou Carbofuran e Malathion foi constatado que no dia da coleta da amostra estava sendo aplicado o Malathion mas, segundo os técnicos do local, a alguns anos não aplicavam o carbofuran. Assim esses resultados não torna-se conclusivo para avaliar a dinâmica de passagem dos compostos pela zona não-saturada até atingir as águas subterrâneas. Devido ao fato da segunda amostragem não ratificar a presença do composto, uma hipótese é a de que a amostra pode ter sido contaminada no momento da coleta principalmente devido aos fortes ventos que ocorriam no dia, ou que a contaminação da água estava restrita ao poço e não ao aquífero.

Ressalta-se ainda que apesar da ampla varredura de compostos analisados existem outros compostos, e metabólitos associados, que têm sido aplicados na região e que não foram contemplados nas análises neste trabalho devido à limitação de recursos.

No caso das águas superficiais justifica-se a ausência de contaminantes pela distancia entre as áreas de aplicação dos agroquímicos na lavoura e os cursos d'água, sendo que a vegetação das áreas úmidas nos vales (áreas de vereda) também favorecem para a proteção dos mananciais.

7. CONCLUSÕES

Apesar do amplo uso de agrotóxicos na área de estudo e de ocorrerem fatos que agravam a potencialidade de risco de contaminação das águas, a exemplo da existência de poços com problemas construtivos e disposição inadequada de vasilhames nas proximidades dos poços, não foram detectados pontos de contaminação no aquífero Urucuia.

Embora não tenha sido constatada contaminação nas águas subterrâneas por agrotóxicos, recomenda-se estudos mais detalhados das diversas classes dos solos visando a melhor caracterização dos mesmos (textura, teor de argila, conteúdo de matéria orgânica, umidade, etc) e maior controle sobre o entendimento da dinâmica de movimento dos ingredientes ativos e seus metabólitos na zona não-saturada para avaliar fatores como a degradabilidade, lixiviação e persistência no perfil de solo e prováveis condições de atingir o lençol freático.

Faz-se necessário ainda uma divulgação frente à comunidade local, principalmente os proprietários e administradores de fazendas, no sentido de informar sobre a necessidade de implantar medidas que contribuirão para a preservação dos recursos hídricos a exemplo de: Não manusear com agroquímicos nas áreas próximas aos poços, exigir dos perfuradores de poços a documentação técnica (perfis litológicos e construtivos), preservar as áreas de veredas e nascentes dos rios, entre outros.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL; UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA. **Hidrogeologia do aquífero Urucuia - Bacias dos Rios Arrojado e Formoso, Bahia**. Brasília: CPRM, 2008. 1 CD-ROM. Projeto Comportamento das Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro. Rede Cooperativa de Pesquisa entre o Fundo Setorial de Recursos Hídricos - CTHIDRO e a Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, com a participação da CPRM – Serviço Geológico do Brasil, UFBA, UFC, UFCG, UFPE e a UFRN.

FUNATURA. Estudos comparativos da Biodiversidade entre Cerrados e Florestas plantadas na Fazenda Jatobá, Correntina(BA). Brasília, 1991

GASPAR, M. T. P. Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão. Tese de doutorado. 2006. UnB. 214p.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL;. **Hidrogeologia do aquífero Urucuia - Bacias dos Rios Arrojado e Formoso, Bahia**. Brasília: CPRM, 2011. Relatório Interno (inédito).