

CONTRIBUIÇÃO AO ARCABOUÇO GEOLÓGICO DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA

Chang Hung KIANG¹ & Flavio de Paula e SILVA²

- (1) Universidade Estadual Paulista, UNESP, Av. 24 A, nº 1515, Bela Vista, Rio Claro (SP), CEP 13506-900. Endereço eletrônico: chang@rc.unesp.br.
- (2) Laboratório de Estudo de Bacias, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Av. 24 A nº 1515, Bela Vista, Rio Claro (SP), CEP 13506-900. Geodata, R. Dr. Aldo Lupo nº 562, Vila Harmonia, Araraquara (SP), CEP 14802-520. Endereço eletrônico: flavio@fpsgeodata.com.br.

Introdução
Materiais e métodos
Contexto geológico
Resultados
Conclusões

RESUMO - O Sistema Aquífero Urucuiá, constituído por rochas do Grupo Urucuiá, distribui-se por área de 125.000 km² na porção centro-norte da Bacia Sanfranciscana e representa importante fonte de recursos hídricos para abastecimento público, irrigação de plantações e para o fluxo de base das bacias hidrográficas dos rios São Francisco e Tocantins. A análise de sucessões sedimentares com base na identificação e correlação de fácies geofísicas, obtidas de perfisagens de poços profundos, mostrou que o Grupo Urucuiá cobre discordantemente sedimentos arenosos, de provável origem eólica, com espessura superior a 250 metros na porção central da bacia, e arenitos argilosos intercalados por pelitos, em direção ao bordo leste da bacia. O estudo mostra que a sucessão psamítica/pelítica que grada acima para depósitos predominantemente arenosos, representa a sedimentação continental, em condições de crescente aridez, que vigorou do final do Permiano ao Triássico, materializada respectivamente pelas formações Motuca e Sambaíba da Bacia do Parnaíba. A inclusão dessa sucessão no Grupo Urucuiá induziu a que grande parte dos pesquisadores considerassem espessuras superiores a 600 metros para o Sistema Aquífero Urucuiá, quando sua espessura máxima é da ordem de 350 metros.

Palavras chave: Sistema Aquífero Urucuiá, hidrostratigrafia, perfis geofísicos.

ABSTRACT - The Urucuiá Aquifer System, composed by rocks of Urucuiá Group, is distributed over 125,000 km² in the north-central region of Sanfranciscana Basin, Brazil, and it represents important source of water for public supply and crop irrigation, as well as base flow contribution to São Francisco and Tocantins watersheds. Analysis and correlation of sedimentary successions based on geophysical facies obtained from well logs showed that Urucuiá Group covers unconformably sandy sediments of possibly eolian origin in excess of 250 meters in thickness in the central portion of the basin, and changing to clayey sandstones interbedded with shale toward the eastern border of the basin. The study shows that clayey sandstone/shale succession passing to predominantly sandy deposits represents continental sedimentation under increasing aridity conditions, which prevail from the end of the Permian to Triassic, represented by Motuca and Sambaíba formations of Parnaíba Basin. The inclusion of this succession in Urucuiá Group led many researchers to consider thicknesses of Urucuiá Aquifer System greater than 600 meters, when in reality the maximum aquifer thickness is of approximately 350 meters.

Keywords: Urucuiá Aquifer System, hydrostratigraphy, geophysical logs.

INTRODUÇÃO

A importância econômica e social dos sedimentos cretáceos da Bacia Sanfranciscana deve-se, principalmente, à exploração de recursos hídricos subterrâneos para uso na agricultura irrigada de plantações de soja, milho e algodão, entre outras, intensificada a partir do início da década de 1980, e para suprimento de água potável da crescente população da região do Chapadão do Urucuiá, na porção centro-oriental do Brasil. Parte desses depósitos compõe o Grupo Urucuiá, unidade litoestratigráfica de idade presumida neocretácea, que reúne espesso pacote

dominantemente arenoso, de origem flúvio-eólica, cujas rochas-reservatório constituem o Sistema Aquífero Urucuiá (SAU). Esse sistema aquífero distribui-se por área de 125.000 km² na porção centro-norte da Bacia Sanfranciscana e estende-se por seis estados brasileiros – Bahia, Minas Gerais, Tocantins, Maranhão, Goiás e Piauí – (Figura 1), contribuindo com cerca de 740 m³/s para manutenção do fluxo de base do Rio São Francisco e cerca de 220 m³/s para o Rio Tocantins, o que denota marcante influência no regime hidrológico desses rios (ANA, 2013).

A despeito de sua importância, ainda são poucos os estudos realizados que versam sobre a configuração de seu arcabouço hidroestratigráfico e muitas dúvidas persistem principalmente quanto à configuração geométrica do aquífero, imprescindível para determinação do volume de água armazenado e, por conseguinte, da elaboração de modelo de gestão apropriado.

Nos limites setentrionais da bacia, mapeamentos anteriores (p. ex., CPRM, 2005) parecem ter incorporado áreas com sedimentos mais antigos pertencentes à Bacia do Parnaíba, geneticamente similares ao Grupo Urucuaia, aos domínios do aquífero (Figura 1). Interessante ressaltar que essas áreas foram consideradas como pertencentes à Formação Sambaíba, da Bacia do Parnaíba, em mapeamento realizado na década de 1970 (MME, 1973).

Com relação à espessura do SAU, estimativas com base em levantamentos de campo apontam valores máximos da ordem de 275 metros (CPRM-UFBA, 2005), enquanto estudos geofísicos têm apontado espessuras que podem alcançar mais de 600 metros nas porções interiores da bacia (Gaspar, 2006; Gaspar *et al.*, 2012; Amorim Jr., 2003; Amorim Jr. & Lima, 2007; Lima, 2007; Nascimento & Lima, 2003; Tschiedel, 2004; Gaspar & Campos, 2007). Essas discrepâncias conduziram à concepção de estruturação da bacia em *horsts* e *grabens* para explicar as variações de espessura do SAU (Lima, 2007), em contraposição ao modelo de preenchimento de calha tipo *sag*, admitido por outros autores (p. ex., Chang *et al.*, 1992; Campos & Dardenne, 1997a; Sgarbi, 2000).

Em várias perfurações de poços para captação de água subterrânea, esta sucessão supera mais de 300 metros e é descrita em amostras de calha como arenitos de granulometria fina a média, às vezes grossa a conglomerática, em geral pouco argilosos, constituídos por grãos foscos e com raras intercalações de argila.

Não obstante a existência de número razoável de poços perfurados para captação de água subterrânea, estimado em 1500 (ANA, 2013), a distribuição heterogênea na área, a imprecisão das descrições litológicas baseadas em amostras de calha e a inexistência de

controle estratigráfico concorreram para que o arcabouço de subsuperfície do SAU fosse pouco conhecido. Acrescenta-se ao problema a existência de quantidade inexpressiva de perfilagens geofísicas, que constituem uma das melhores ferramentas para investigar o comportamento tridimensional regional de unidades litoestratigráficas em subsuperfície e que, por isso mesmo, deveriam ser exigidas pelos órgãos gestores nos processos de outorga de recursos hídricos subterrâneos. Muito utilizadas na prospecção de hidrocarbonetos e, mais recentemente, de água subterrânea, estas ferramentas são de extrema utilidade na avaliação e localização dessas jazidas e se colocam entre os métodos de maior resolução, existindo dezenas de tipos de sondas com finalidades específicas, de acordo com o tipo de pesquisa a ser realizada (Silva, 2003). Estudos hidrogeológicos com emprego de perfis geofísicos permitiram delinear o arcabouço hidroestratigráfico, caracterizar hidrofácies e avaliar reservas hídricas permanentes de importantes aquíferos do sul do Brasil, como o Sistema Aquífero Bauru e o Sistema Aquífero Guarani (Silva, 2003; Paula e Silva *et al.*, 2005, 2008).

Nos domínios do SAU, a correlação entre os poucos perfis geofísicos disponíveis sempre foi dificultada pela inexistência de perfilagens que tivessem registrado parâmetros petrofísicos das rochas ao longo de toda a seção sedimentar fanerozoica da Bacia Sanfranciscana. Apenas recentemente foram perfurados e perfilados três poços profundos na área do SAU, dois para investigações estratigráficas e um para pesquisa petrolífera, que atravessaram todo o pacote fanerozoico e atingiram o substrato proterozoico.

A análise de perfis geofísicos permite distinguir duas sucessões predominantemente arenosas: a superior correspondente ao Grupo Urucuaia e a inferior associada a unidades litoestratigráficas mais antigas. O objetivo deste estudo foi demonstrar que o arcabouço rochoso atribuído atualmente ao SAU incorpora, na realidade, significativa porção sedimentar composta de arenitos eólicos e fluviais similares aos depósitos do Grupo Urucuaia, todavia pertencentes à Bacia do Parnaíba.

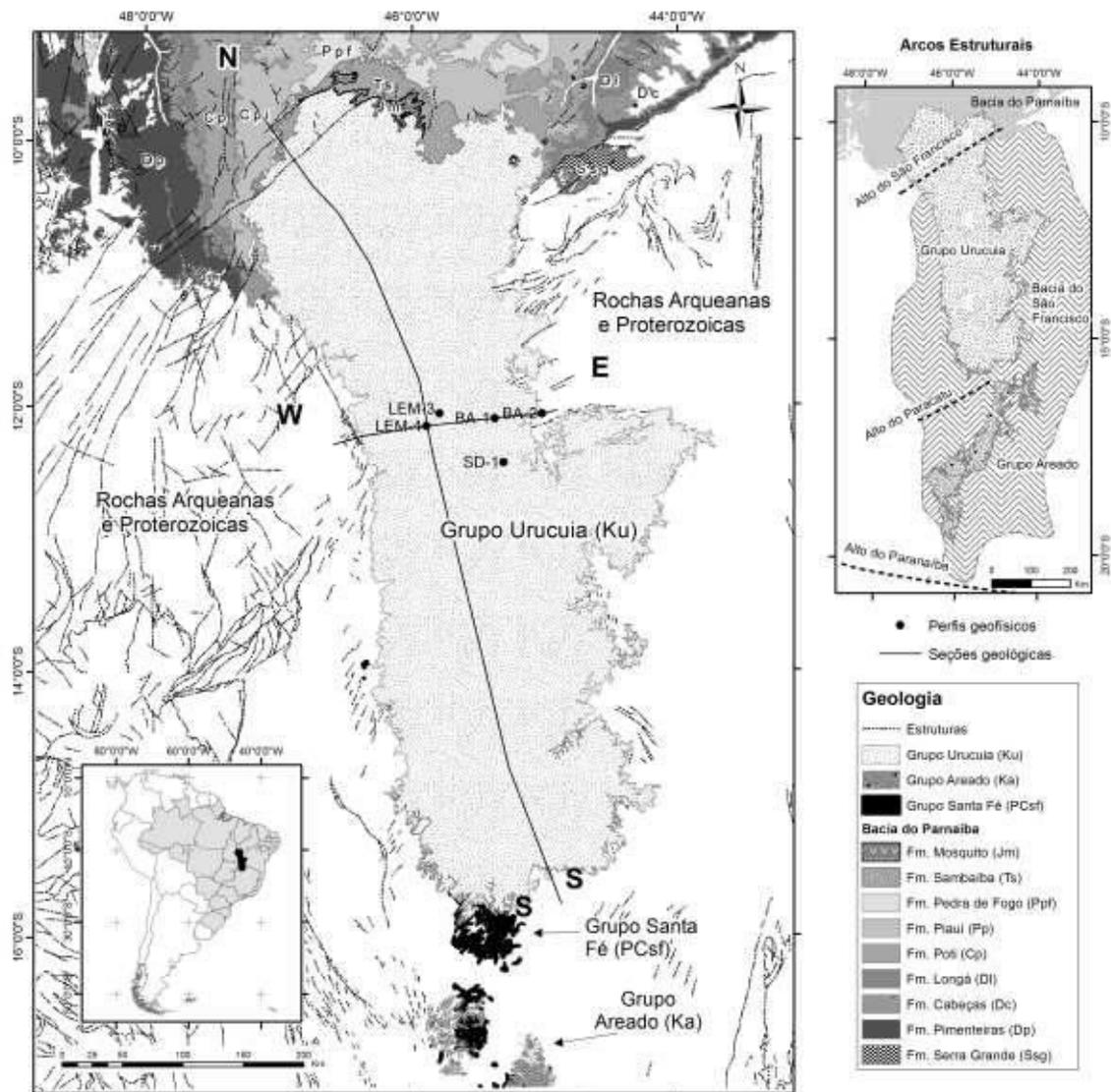


Figura 1. Contexto geológico do Grupo Urucua (modificado de CPRM, 2007) e localização das seções N-S e E-W apresentadas, respectivamente, nas figuras 4 e 5.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados perfis geofísicos obtidos de perfurações para captação de água subterrânea e de pesquisa petrolífera para reconhecimento de fácies geofísicas, análise de sucessões e correlação. A análise de sucessões consiste na identificação de fácies geofísicas ou eletrofácies, cujas características determinadas pelos padrões de variações granulométricas e de argilosidade são refletidas nos perfis geofísicos e podem ser associadas às unidades litoestratigráficas conhecidas num determinado contexto geológico. Embora tenham sido utilizadas curvas de raios gama, resistividade induzida, resistividade normal curta e sônica, a representação dos perfis

interpretados foi simplificada com uso somente das curvas de raios gama.

Dentre os três poços profundos perfurados no SAU, apenas o poço LEM-4 (Luís Eduardo Magalhães - BA) foi cedido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP para este estudo (Figura 1). Outros quatro perfis geofísicos de poços perfurados para captação de água subterrânea nos municípios de Barreiras (BA-1 e BA-2), Luís Eduardo Magalhães (LEM-3) e São Desidério (SD-1) (Figura 1) foram também analisados. Para correlação das eletrofácies identificadas na seção fanerozoica da Bacia Sanfranciscana com eletrofácies de unidades

litoestratigráficas da Bacia do Parnaíba, foi utilizado o perfil geofísico do poço SRM-1, perfurado no município de São Raimundo das Mangabeiras (MA).

Adicionalmente, foram realizados levantamentos de campo e utilizados modelos digitais de terreno para determinação das

altitudes do contato entre o embasamento arqueano/proterozoico e os sedimentos fanerozoicos expostos nas margens ocidental, oriental e meridional do SAU, de modo a avaliar as espessuras do aquífero no bordo da bacia.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do São Francisco ocupa área de 355.000 km² do Cráton do São Francisco, abarcando partes das regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil (Figura 1). Encerra sucessão de rochas sedimentares proterozoicas agrupadas no Supergrupo Espinhaço e grupos Arai, Paranoá, Macaúbas e Bambuí, pouco deformadas na porção central e deformadas nas bordas em decorrência das faixas móveis compressionais Brasília, a oeste, e Araçuai, a leste. Remanescentes de depósitos fanerozoicos, com idades que variam desde o Permo-Carbonífero até o Cenozoico, completam o empilhamento sedimentar/vulcânico da bacia (Zalán & Silva, 2007).

Bacia Sanfranciscana é a denominação dada para a área de 140.000 km² compreendida pelo registro sedimentar e vulcânico fanerozoico, representado pelos grupos Santa Fé (Permo-carbonífero), Areado (Eocretáceo) e Urucuia (Neocretáceo), depositados na bacia intracratônica do São Francisco (Figura 1), englobadas sob a denominação Supersequência Sanfranciscana (Zalán & Silva, 2007).

O Grupo Urucuia assume papel relevante na porção centro-norte da Bacia Sanfranciscana, onde se estende por 125 mil km² e suas rochas constituem um dos mais expressivos aquíferos de natureza livre do Brasil, o Sistema Aquífero Urucuia, com reservas permanentes estimadas em 1,3 x 10³ km³ e reguladoras em mais de 20 km³ anuais. Segundo Sgarbi *et al.* (2001), o posicionamento cronoestratigráfico do Grupo Urucuia não está bem definido, mas atribui-se idade neocretácea a esta unidade admitindo-se sua contemporaneidade com rochas alcalinas vulcânicas e epiclásticas reunidas no Grupo Mata da Corda, que ocorrem somente na porção sul da Bacia Sanfranciscana.

Estruturas como o Alto do Parnaíba, a sul, e o Arco de São Francisco, a norte, delimitam a

Bacia Sanfranciscana (Figura 1). O Alto do Parnaíba corresponde a um alto estrutural e gravimétrico desenvolvido durante o Cretáceo (Costa & Sad, 1968), que separa a Bacia Sanfranciscana da Bacia do Paraná. O Arco de São Francisco é considerado o divisor entre a porção sul da Bacia do Parnaíba e o segmento norte da Bacia Sanfranciscana. Campos & Dardenne (1997a) advogam, com base em dados de campo, geofísicos e geomorfológicos, a existência de elevação do embasamento, denominada Alto de Paracatu (Figura 1), que seria responsável pela segmentação da Bacia Sanfranciscana em duas porções, correspondentes às áreas predominantes de ocorrência dos grupos Areado, na região sul da bacia, e Urucuia, na porção centro-norte.

A despeito de seu formato alongado de direção preferencial norte-sul, com cerca de 1100 km de comprimento e 270 km de largura máxima, sugestivo de bacia tipo rifte, Chang *et al.* (1992) já haviam sugerido que a deposição dos sedimentos do Grupo Urucuia teria ocorrido em uma região subsidente, em resposta à mudança do campo de tensões extensional para compressional no Aptiano-Albiano, com base em modelo de preenchimento de calha tipo *sag*, evidenciado pela ausência de compartimentação por falhas sindeposicionais, espessuras da ordem de poucas centenas de metros e grande continuidade lateral, modelo também admitido posteriormente por outros autores (Campos & Dardenne, 1997a; Sgarbi, 2000). Campos & Dardenne (1997a) propuseram, ainda, que a evolução da Bacia Sanfranciscana teria ocorrido com pequenas taxas de deformação produzidas por reequilíbrios isostáticos ligados à glaciação neopaleozoica, e por extensão e compressão crustais ligadas à abertura do Atlântico Sul. Alguns autores (Bomfim & Gomes, 2004; Lima, 2000, 2007; Amorim Jr.,

2003; Tschiedel, 2004; Gaspar, 2006), com base em estudos geofísicos de superfície, advogam que o pacote sedimentar Urucuia foi controlado por estruturas em *horts* e *grabens* e defendem a presença de falhas com rejeitos superiores a 30 metros.

Depositado em condições essencialmente continentais, o Grupo Urucuia foi formalmente subdividido nas formações Posse, inferior, e Serra das Araras, superior, por Campos & Dardenne (1997b). Segundo esses autores, a Formação Posse é resultado da interação entre processos predominantemente eólicos (depósitos originados em campos de dunas) e fluviais (depósitos de rios entrelaçados). A Formação Serra das Araras, por sua vez, foi depositada em ambiente fluvial de rios entrelaçados. Spigolon & Alvarenga (2002) identificaram seis elementos arquiteturais no Grupo Urucuia, dois associados a sistema eólico de campos de dunas (dunas simples e interdunas), e quatro a sistemas flúvio-eólicos de planícies arenosas (planícies arenosas secas, planícies arenosas úmidas, uédes e planícies de inundação). CPRM & UFBA (2005) e Lima (2007) admitem, ainda, a existência de unidade basal composta de arenitos finos, argilosos, com intercalações delgadas de horizontes pelíticos avermelhados, que gradam em direção à base da seção para argilitos ou folhelhos marrom-avermelhados, denominada Formação Geribá. Em praticamente toda sua extensão, o Grupo Urucuia é recoberto por sedimentos coluvionares e eluvionares cenozoicos, com espessura de 20 metros a 30 metros, reunidos na Formação Chapadão (Campos & Dardenne, 1997b).

Levantamentos geológicos indicam que o sítio deposicional onde se estabeleceu o Grupo Urucuia (Figura 1) estende-se por substrato formado por corpos localizados de rochas granítico/gnáissicas arqueanas/proterozoicas do embasamento, por sedimentos proterozoicos da Bacia de São Francisco, representados principalmente pelo Grupo Bambuí, e por sedimentos paleozoicos da Bacia do Parnaíba, na extremidade norte da área de ocorrência da unidade (Campos & Dardenne, 1997a; CPRM-UFBA, 2005).

Estratos glaciogênicos paleozoicos do Grupo Santa Fé, reunidos nas formações Floresta, inferior, e Tabuleiro, superior, estão expostos

em porções localizadas do embasamento proterozoico e, possivelmente, sob os sedimentos do Grupo Urucuia, principalmente na porção meridional de sua área de afloramentos (Campos & Dardenne, 1994). Esses depósitos, cronocorrelatos ao Grupo Itararé da Bacia do Paraná, são considerados os únicos remanescentes erosionais paleozoicos de coberturas intracratônicas mais amplas, que eventualmente ligavam a Bacia do Paraná à Bacia do Parnaíba (Zalán & Silva, 2007). Embora essas rochas sejam atribuídas ao Permo-Carbonífero, Campos & Dardenne (1994) não descartam a possibilidade de existência de sucessões subaflorantes mais antigas nos depocentros da Bacia Sanfranciscana.

O substrato compreendido pelos sedimentos da Bacia do Parnaíba, encoberto sob o Grupo Urucuia na porção norte da Bacia Sanfranciscana, é ainda desconhecido. Levantamentos geológicos realizados por MME (1973) sugerem que os sedimentos cretáceos do Grupo Urucuia podem estar assentados discordantemente sobre arenitos triássicos da Formação Sambaíba ou sedimentos psamíticos/pelíticos permianos da Formação Motuca. Segundo Petri & Fúlfaro (1983), a Formação Sambaíba é composta por arenitos com estratificações cruzadas de grande porte, caracterizando dunas eólicas, com espessura máxima de 440 metros em subsuperfície. A Formação Motuca compreende uma sucessão depositada em ambiente desértico com lagos associados, composta por arenitos finos a muito finos, avermelhados, argilosos, com grãos esféricos e foscos na porção superior, que se intercalam a siltitos vermelhos e camadas de carbonato, gipsita e anidrita na porção inferior (Melo & Prade, 1968; Lima & Leite, 1978). A espessura máxima da Formação Motuca, constatada em subsuperfície, é de 296 metros (Petri & Fúlfaro, 1983). O contato entre as formações Sambaíba e Motuca é transicional e marca o início da sedimentação continental em condições de aridez na Bacia do Parnaíba, em resposta à fragmentação do Gondwana e ao soerguimento da borda leste da América do Sul (Petri & Fúlfaro, 1983).

Interpretações com base em levantamentos geofísicos concluíram que o Grupo Urucuia sobrepõe-se a um substrato regional mais

condutivo, dominado por litologias argilosas (Amorim Jr., 2003), tendo espessuras que variam da ordem de 100 metros até 600 metros (Gaspar, 2006; Gaspar *et al.*, 2012; Amorim Jr., 2003; Amorim Jr. & Lima, 2007; Lima, 2007; Nascimento & Lima, 2003; Tschiedel, 2004; Gaspar & Campos, 2007). No depocentro da bacia, Chang *et al.* (1992) identificaram, em dados sísmicos, espessuras de algumas centenas de metros. Bomfim & Gomes (2004) conjecturaram espessuras superiores a 1500

metros, todavia ressaltando que parte poderia ser mais antiga e relacionada a unidades litoestratigráficas da Bacia do Parnaíba. CPRM-UFBA (2005) registraram espessuras máximas de 275 metros em levantamentos de campo, considerando a diferença de altitude entre a superfície do terreno e o contato com rochas do embasamento, e maiores do que 500 metros em levantamentos geofísicos nas porções internas da bacia.

RESULTADOS

O Sistema Aquífero Urucuia, composto pelas rochas reunidas no Grupo Urucuia, destaca-se na paisagem da Bacia Sanfranciscana por dispor-se em forma de extenso planalto alinhado aproximadamente N-S, com altitudes que variam de 1000 metros no bordo oeste a 700 metros no bordo leste. Ao longo de seus limites marginais, com exceção da porção setentrional onde se assenta sobre sedimentos da Bacia do Parnaíba, jaz diretamente sobre rochas proterozoicas e arqueanas da Bacia do São Francisco, a partir de agora designadas de embasamento da Bacia Sanfranciscana.

Levantamentos de campo e análise de modelos digitais de terreno indicaram espessuras máximas da ordem de 300 metros para o aquífero nas margens ocidental, oriental e meridional do SAU. Em contrapartida, informações de poços perfurados nas porções interiores da bacia registraram espessuras maiores do que 300 metros, sem indicação de terem alcançado as rochas do embasamento proterozoico.

A partir dos dados obtidos com a perfilagem do poço estratigráfico LEM-4 (Figura 2) e da correlação com perfilagens disponíveis, uma nova configuração do arcabouço hidroestratigráfico do SAU foi concebida, revelando que a evolução da Bacia Sanfranciscana é muito mais complexa do que aquela estabelecida até o momento. As eletrofácies distinguidas neste estudo (Figura 2) foram associadas às unidades litoestratigráficas ocorrentes nas bacias Sanfranciscana e do Parnaíba.

O poço estratigráfico LEM-4 atravessou sucessão sedimentar com 822 metros de

espessura, assentada sobre rochas do Grupo Bambuí (Proterozoico Superior). Este poço foi perfilado apenas entre 285 metros e 911 metros de profundidade, ou seja, não registrou dados da maior parte da seção superior, atribuída ao Grupo Urucuia, situada no intervalo entre a superfície do terreno e a profundidade de 335 metros. A sucessão deposicional revelada pelo perfil geofísico do poço LEM-4 mostra um padrão em *coarsening upward* serrilhado no intervalo entre o topo do Grupo Bambuí e a profundidade de 602 metros, com espessura de 218 metros. A partir daí, o perfil mostra uma sucessão homogênea, com 269 metros, em padrão cilíndrico, até a profundidade de 335 metros, que corresponde ao contato com o Grupo Urucuia. A porção basal do Grupo Urucuia é caracterizada por pacote arenoso com presença de delgadas intercalações de material pelítico, como mostrado no perfil de raios gama (Figura 2).

O perfil LEM-3 mostra uma sucessão incompleta de 260 metros com padrão predominante cilíndrico e intercalações pelíticas mais importantes no trecho inferior do pacote, características de sedimentação em ambiente flúvio-eólico, correspondente ao Grupo Urucuia.

Os perfis BA-1, SD-1 e BA-2 mostram o mesmo padrão em *coarsening upward* serrilhado na porção basal da seção fanerozoica, logo acima do embasamento. Nos três perfis, esta sucessão é truncada abruptamente no topo (desconformidade) por sucessão com padrão predominante cilíndrico, correspondente à sedimentação flúvio-eólica do Grupo Urucuia.

condições de crescente aridez, que vigorou do final do Permiano ao Triássico; este intervalo é representado, respectivamente, pelas formações Motuca e Sambaíba da Bacia do Parnaíba. A associação desse padrão de eletrofácies com as referidas unidades litoestratigráficas da Bacia

do Parnaíba é fundamentada no conhecimento geológico da área e na correlação com o perfil geofísico do poço SRM-1, perfurado no município de São Raimundo das Mangabeiras (MA), região de ocorrência das formações Motuca e Sambaíba (Figura 3).

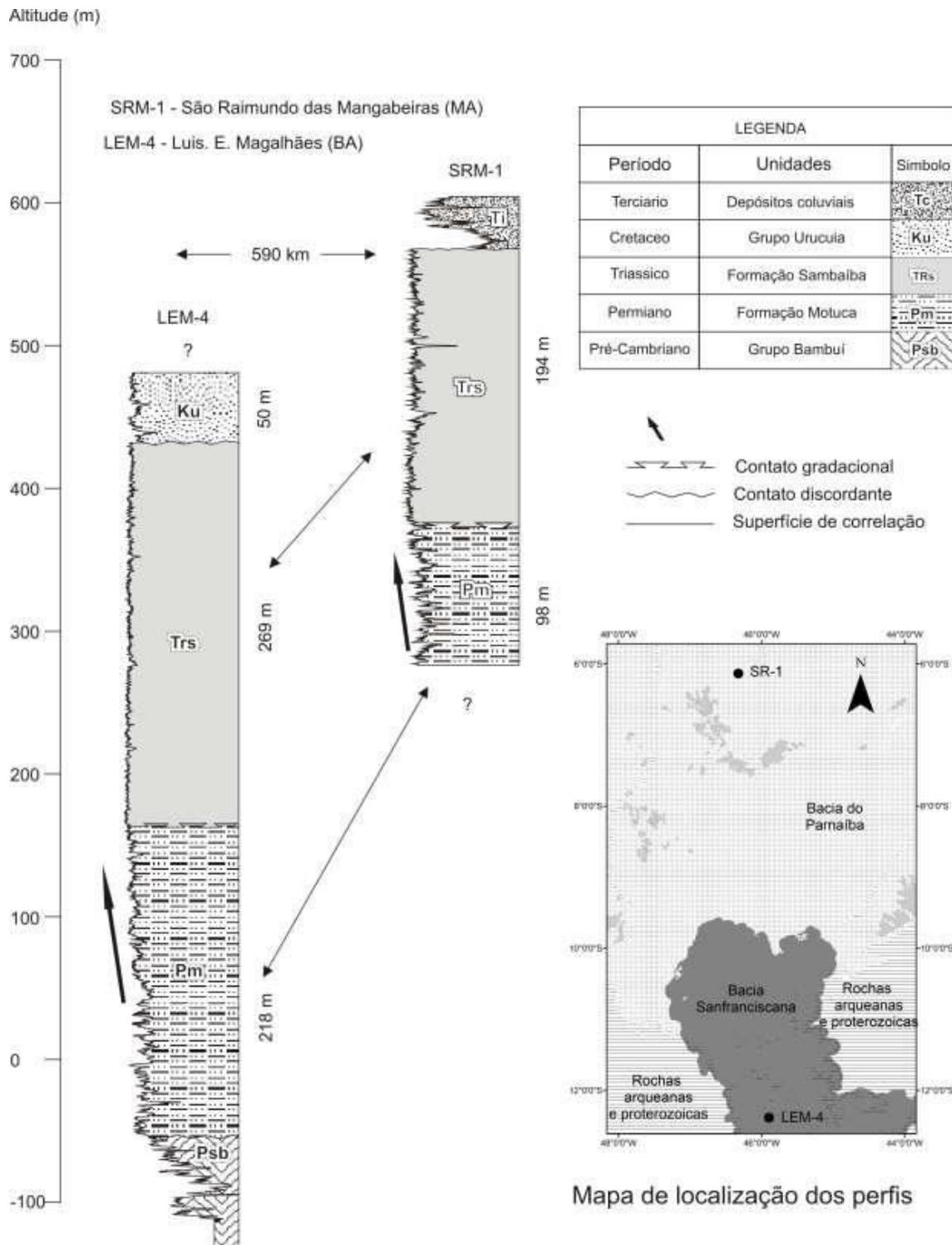


Figura 3. Correlação entre os perfis LEM-4 e SRM-1.

O arcabouço de subsuperfície elaborado com base nas análises de sucessões sedimentares, correlação de perfis e em dados altimétricos do

contato dos sedimentos fanerozoicos com o Grupo Bambuí, conforme concebido neste estudo, mostra as relações estratigráficas entre

o Grupo Urucuia e unidades subjacentes pertencentes à Bacia do Parnaíba (Figuras 4 e 5). Na seção longitudinal N-S (Figura 4), o Grupo Urucuia recobre discordante e sucessivamente, de norte para sul, rochas progressivamente mais antigas, representadas pelas formações Sambaíba (Triássico) e Motuca

(Permiano), e Grupo Bambuí (Proterozoico). A seção transversal E-W (Figura 5) mostra o mesmo comportamento do Grupo Urucuia, assentado discordantemente sobre as referidas unidades litoestratigráficas da Bacia do Parnaíba, por sua vez assentadas sobre o Grupo Bambuí.

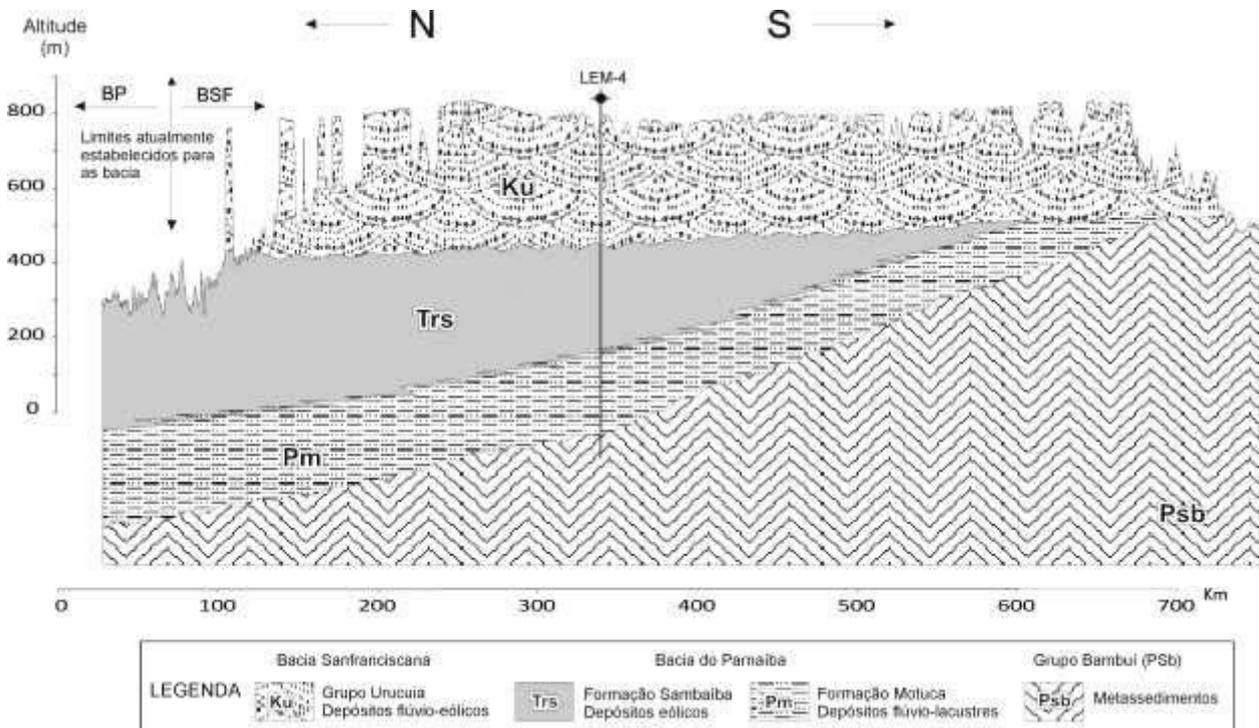


Figura 4. Seção geológica N-S (localização na Figura 1).

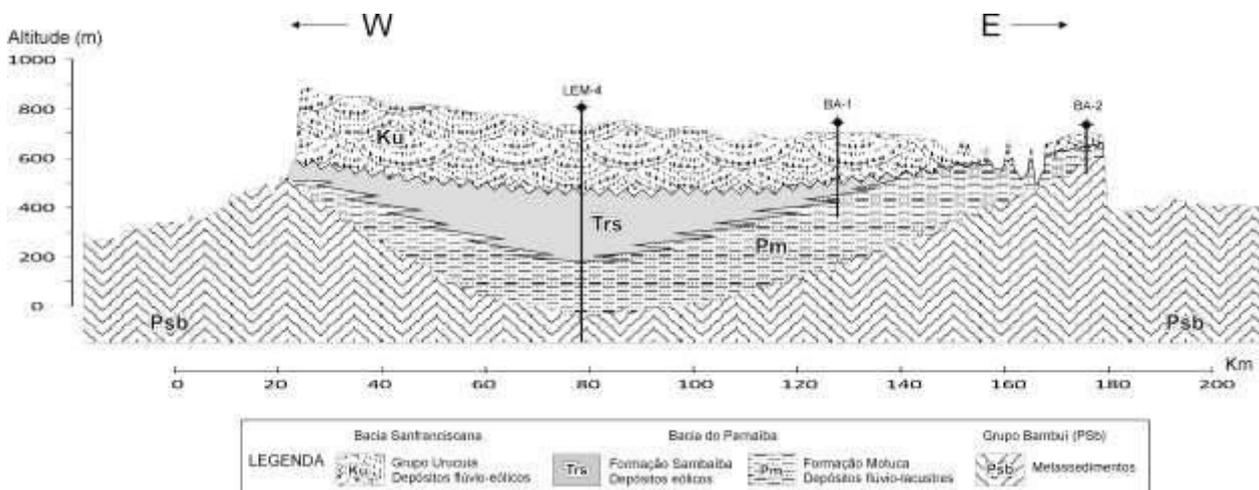


Figura 5. Seção geológica E-W (localização da seção na Figura 1).

CONCLUSÕES

A análise e correlação de sucessões deposicionais fanerozoicas utilizando perfis geofísicos e dados altimétricos do contato com rochas do Grupo Bambuí, permitiram esboçar o arcabouço de subsuperfície da Bacia Sanfranciscana, entre as quais estão inseridas as

rochas-reservatório do Grupo Urucuia, constituintes do Sistema Aquífero Urucuia.

O Grupo Urucuia (Cretáceo) sobrepõe-se em discordância erosiva às rochas do Grupo Bambuí, no bordo sul, e às formações Motuca (Permiano) e Sambaíba (Triássico), da Bacia do

Parnaíba, nas demais porções da bacia. Não se descarta a existência de unidades litoestratigráficas mais antigas no substrato do Grupo Urucuia, como o Grupo Santa Fé, do Permo-Carbonífero, que aflora nas porções meridionais da bacia. Nos limites setentrionais, depósitos pertencentes à Bacia do Parnaíba, têm sido erroneamente incorporados ao Grupo Urucuia.

A inexistência, até recentemente, de perfis geofísicos que abarcassem todo o intervalo fanerozoico induziu grande parte dos pesquisadores a incluir no arcabouço do SAU rochas mais antigas, pertencentes à Bacia do Parnaíba, que serviram de substrato à sedimentação do Grupo Urucuia. O desconhecimento desse relacionamento estratigráfico foi responsável por grande número de informações controversas acerca da real espessura do aquífero. Os resultados ora apresentados demonstram que a espessura máxima do Grupo Urucuia é da ordem de 350 metros, ao passo que todo o intervalo fanerozoico abrange mais de 800 metros, na

parte central da bacia, adelgaçando-se em direção aos bordos leste, oeste e sul.

Do ponto de vista hidrogeológico, dois aspectos importantes devem ser considerados quando da elaboração de modelo de gestão atualizado, tendo em vista as relações hidroestratigráficas apresentadas neste estudo:

- No que tange às grandes espessuras atribuídas anteriormente ao SAU, estas são responsáveis por avaliações equivocadas das reservas hídricas permanentes do aquífero, gerando expectativas de volumes superestimados;
- Os modelos de gestão existentes, que estabelecem as regras de concessão de outorgas, foram desenvolvidos sem considerar as características de circulação e armazenamento de água em unidades hidroestratigráficas conectadas, porém integrantes de outro contexto hidrogeológico regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Estudos Hidrogeológicos na Bacia Hidrográfica do São Francisco - Sistema Aquífero Urucuia/Areado e Sistema Aquífero Bambuí. 2013. http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb_dl=1825. Acesso em 28 de julho de 2015.
2. AMORIM JUNIOR, V. & LIMA, O. A. L. Avaliação hidrogeológica do Aquífero Urucuia na Bacia do Rio das Fêmeas (BA) usando resistividade e polarização induzida. *Revista Brasileira de Geofísica*, 25(2): 117-129. 2007.
3. AMORIM JUNIOR, V. Avaliação hidrogeológica do Aquífero Urucuia na bacia do rio das Fêmeas usando IP-Resistividade. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 82 p. 2003.
4. BONFIM, L. F. C. & GOMES, R. A. A. D. Aquífero Urucuia – Geometria e Espessura: Idéias para Discussão. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 13, Cuiabá (MT). 2004.
5. CAMPOS, J. E. & DARDENNE, M. A. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 27 (3): 269-282. 1997b.
6. CAMPOS, J. E. & DARDENNE, M. A. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3):283-294. 1997a.
7. CAMPOS, J.E.G. & DARDENNE, M.A. A Glaciação Neopaleozóica na Porção Meridional da Bacia Sanfranciscana. *Rev. Bras. Geoc.* 24: 65-76. 1994.
8. CHANG ,H.K.; BENDER, A.A & KOWSMANN, R.O. O papel das tensões intraplaca na evolução de bacias sedimentares: exemplo da Formação Urucuia. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 37. São Paulo .Anais...São Paulo, SBG. Vol. 2, 568 e 569. 1992.
9. COSTA M.T & SAD J.H.G. O Cretáceo em Minas Gerais. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 22, Belo Horizonte, Anais, Brasil, Resumo de Comunicações. p. 23-36. 1968.
10. CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Mapa de domínios e subdomínios hidrogeológicos do Brasil. SIG. CD Room. 2007.
11. CPRM & UFBA. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais & Universidade Federal da Bahia. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste Brasileiro. *Hidrogeologia da bacia sedimentar do Urucuia: Bacias hidrográficas dos rios Arrojado e Formoso – Meta B – Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos*. CPRM/FINEP, 69 p. il. 2005.
12. GASPARG, M. T. P. & CAMPOS, J. E. G. O Sistema Aquífero Urucuia. *Revista Brasileira de Geociências*, 37 (4 - suplemento): 216-226. 2007.
13. GASPARG, M.T.P. Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 2006. 158 p. 2006.
14. GASPARG, M.T.P.; CAMPOS, J.E.G. & MORAES, R.A.V. Determinação das espessuras do Sistema Aquífero Urucuia a partir de estudo geofísico. *Revista Brasileira de Geociências*, 42 (Supl 1): 154-166. 2012.
15. LIMA, E. A. M. & LEITE, J. F. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba: integração geológico-metalogenética. Relatório final da etapa III. 1978.
16. LIMA, O. A. L. Estudos Geológicos e Geofísicos do Aquífero Urucuia na Bacia do rio do Cachorro – Oeste da Bahia. 42p. Publicação da SRH-BA e UFBA. 2000.
17. LIMA, O.A.L. Levantamentos Geofísicos no Aquífero Urucuia: Sub-bacias dos Rios Formoso e Arrojado, Bahia. Relatório técnico. Salvador-BA. Universidade Federal da Bahia/ Centro de Pesquisas em Geofísica e Geologia-CPGG/UFBA. 37p. 2007.

18. MELO, M.T. & PRADE, G.O. Geologia da região Sudeste de São Raimundo das Mangabeiras – Maranhão. Belém: Relatório 297M PETROBRAS, DIREX/RENOR. 1968.
19. MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam. Parte das folhas SC.23 Rio São Francisco e SC.24 Aracaju. 1973.
20. NASCIMENTO, K.R.F.& LIMA, O.A.L. Aquífero Urucuia: validade do modelo geoeletrico na bacia do rio das Fêmeas confirmada por novas perfurações. 8th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro. 2003.
21. SILVA, F. P. Geologia de subsuperfície e hidrostratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 184 p. 2003.
22. PAULA E SILVA, F.; CHANG, H. K.& CAETANO-CHANG, M.R. Hidrostratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. Águas Subterrâneas, v.19, n.2, p.19-36, 2005b.
23. PAULA E SILVA, F.; KIANG, C. H. & CAETANO-CHANG, M. R. & SINELLI, O. Arcabouço geológico e hidrofácies do Sistema Aquífero Guarani no município de Ribeirão Preto (SP). Revista Brasileira de Geociências, São Paulo. V. 38 (1): p. 56-67, 2008.
24. PETRI, S. & FÚLVARO, V. J. Geologia do Brasil (Fanerozóico). São Paulo: T. A. Queiroz, USP. 631p. 1983.
25. SGARBI, G. N. C. The Cretaceous Sanfranciscan Basin, Eastern Plateau of Brazil. Revista Brasileira de Geociências, 30 (3): 450-452. 2000.
26. SGARBI, G. N. C.; SGARBI, P. B. A.; CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. & PENHA, U. C. Bacia Sanfranciscana: O Registro Fanerozóico da Bacia do São Francisco. In PINTO, C. P. & MARTINS-NETO, M. A. Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais. SBG/MG – Belo Horizonte, p. 93-138. 2001.
27. SPIGOLON, A. L. D. & ALVARENGA, C. J. S. Supersuperfície Urucuia: Um limite de sequência que separa o sistema eólico do sistema fluvial-eólico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41, João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBG. p. 691-681. 2000.
28. TSCHIEDEL, M. W. Aplicação de Estudo Geofísico como Contribuição ao Conhecimento da Tectônica da Sub-Bacia Urucuia. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília. 2004.
29. ZALÁN, P. V.; ROMEIRO-SILVA, P. C. Bacia do São Francisco. Boletim de Geociências da Petrobras. v. 15, n.2, p. 561-571. 2007.

*Manuscrito recebido em: 06 de Julho de 2015
Revisado e Aceito em: 12 de Agosto de 2015*