

XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DE POÇOS DE ABASTECIMENTO DA COMUNIDADE FÉ EM DEUS SITUADA NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE FIGUEIREDO – AM

Lorena Mota de Castro¹; Siomara Dias da Rocha², Viviane de Oliveira Lima Zeferino³, Ellem Cristiane de Sousa Morais Contente⁴; Maína Barreto de Souza⁵; Elizabeth Ferreira Cartaxo⁶; Tereza Cristina Souza de Oliveira⁷

Resumo – O objetivo desse estudo foi verificar a composição do corpo hídrico subterrâneo utilizado para abastecimento público de água, por meio da avaliação de dois poços construídos na Comunidade Fé em Deus situada na Vila de Balbina, no município de Presidente Figueiredo (AM). Esta comunidade se situa à jusante da Usina Hidrelétrica de Balbina – UHE-Balbina originada do represamento do rio Uatumã, tributário da margem esquerda do rio Amazonas cuja principal formação geológica é Nhamundá pertencente ao Grupo Trombetas. Foi avaliada a variação dos parâmetros físico-químicos: condutividade, pH, turbidez, cálcio, cloretos e sólidos totais dissolvidos das águas subterrâneas nos meses que abrangem as estações de seca e chuva da bacia do rio Uatumã, onde, verificou-se que a sazonalidade dessas águas influencia diretamente nos valores dos parâmetros das águas subterrâneas. Os resultados obtidos foram confrontados com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/11 e verificou-se que a qualidade da água não é afetada significativamente conforme alteração no regime sazonal. Os scores obtidos por meio da avaliação da correlação entre os sistemas amostrados mostraram que tanto os mananciais superficiais como subterrâneos sofrem influência do regime hidrológico regional além de interagirem significativamente entre si.

¹Pós-graduanda da Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Endereço Profissional: Av. General Rodrigo Otávio, 6200, Coroado I – CEP: 69077-000 – Manaus – AM - E-mail: lore.mady@hotmail.com; fone:91887251

²Pós-graduanda da Universidade Federal do Amazonas – UFAM – E-mail: sissarrocha26@gmail.com; fone:95058790

³Mestre em Ciências do ambiente e sustentabilidade da Universidade Federal do Amazonas - UFAM – E-mail: vivianezeferino10@gmail.com; fone:81199419

⁴Professora MSc. da Universidade Federal do Amazonas – UFAM – E-mail: ellem_cont@hotmail.com; fone: 84156227

⁵Graduada em Química da Universidade Federal do Amazonas – E-mail: mainabarreto@yahoo.com.br; fone: 91143685

⁶Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia (PPG-ENGRAM) da Universidade Federal do Amazonas – E-mail: ecartaxo@ufam.edu.br; fone: 33054669

⁷Professora adjunta da Universidade Federal do Amazonas – E-mail: tcristinaoliveira@gmail.com; fone: 93531302

Abstract - The purpose of this study was to determine the composition of underground water body used for public water supply, through the evaluation of two wells constructed in the Community Fé em Deus situated in Balbina's village, in the municipality of Presidente Figueiredo (AM) . This community is located downstream of Balbina Hydroelectric Power Plant (HPP Balbina) originated impoundment Uatumã river, left bank tributary of the Amazon River whose main geological formation is Nhamundá belonging to the Trombetas Group . The variation in the physico-chemical parameters were evaluated: conductivity, pH , turbidity, calcium, chlorides and total dissolved solids of groundwater months covering the dry and rainy seasons of Uatumã basin where it was found that seasonality those waters directly influences the values of the parameters of groundwater. The results were compared with the Ordinance of the Health Ministry N^o. 2.914/11 and it was found that the water quality is not affected significantly by changes in seasonal basis. The scores obtained through evaluation of the correlation between the sampling systems showed that both surface and underground water sources are influenced by regional hydrological regime besides interacting among them.

Palavras-Chave – Sazonalidade; qualidade; interação.

1 - INTRODUÇÃO

A zona ripária ou zona de transição é caracterizada pela interação das águas superficiais do corpo hídrico com águas subterrâneas. O ambiente ripário é reconhecido por aumentar a qualidade da água já que a mesma é fortemente influenciado pelos sedimentos das margens, porque ao infiltrar o solo, a água vai adquirindo características físicas e químicas dessa região. Este ambiente também atua como proteção para ocorrência da erosão controlando os regimes de inundação (Kiley e Schneider, 2005).

As águas superficiais raramente estão livres de contaminação, mesmo nas bacias de nascentes com pouca ou nenhuma ação antrópica. Entende-se por uso do recurso hídrico qualquer atividade antrópica que altere as condições naturais das águas superficiais ou subterrâneas (Brasil et al., 2013). Neste contexto na Amazônia, é crescente a perspectiva de exploração da água subterrânea, por apresentar vantagens práticas e econômicas quanto à sua captação, por dispensar tratamentos químicos, exceto desinfecção e ser de excelente qualidade, além de abundante, justificando sua utilização (Feitosa et al., 1997).

De acordo com a Agência Nacional de Águas, os estados da região Norte, tais como: Amazonas, Roraima, Pará e Tocantins são predominantemente abastecidos por mananciais subterrâneos, devido a existência de aquíferos com elevado potencial hídrico e a facilidade de exploração dessas águas para abastecimento por meio da perfuração de poços que, por sua vez, atendem grande parte dos municípios de pequeno porte nesses estados (Brasil et al., 2013).

Existe uma interface entre a captação, o uso da água e o saneamento básico. Pesquisas apontam baixos índices de tratamento de água, esgoto e lixo que ainda são encontrados bastante inadequados. Nas comunidades rurais, observa-se a escassez dos serviços básicos de saneamento. A água consumida é proveniente de um sistema de canalização por meio do bombeamento de águas de poços. A falta de coleta e destinação adequada dos resíduos sólidos obriga à população a realizar a queima do lixo, o que também promove uma contaminação acentuada do solo e eventualmente da água (Teixeira et al., 2007).

Nesse sentido se faz necessário implementar medidas e ações de caráter preventivo a curto prazo junto a essas comunidades, com resultado positivo na qualidade de vida dessa população. Esse estudo visou verificar a qualidade das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público na comunidade rural Fé em Deus situada no município de Presidente Figueiredo à jusante da Usina Hidrelétrica de Balbina (UHE-Balbina) de forma a se avaliar se estas sofrem variações significativas na sua qualidade conforme alterações no regime sazonal.

A UHE-Balbina está localizada no rio Uatumã, a 155 km ao norte de Manaus, município de Presidente Figueiredo-AM (Moura et al., 2004). O lago formado ocupa uma área de floresta de 2.360 km² (Figueiredo e Laraque, 1999).

O município de Presidente Figueiredo é plenamente abastecido por água subterrânea proveniente da fonte Santa Claudia. As comunidades rurais existentes ao longo da estrada AM-240 onde afloram rochas da Formação Nhamundá pertencente ao grupo Trombetas, podem perfeitamente ser abastecidas por poços tubulares. No Domínio Sedimentar dentre as formações existentes no município destacam-se os aluviões, as coberturas lateríticas, a Formação Alter do Chão, a Formação Nhamundá e a Formação Prosperança. Este domínio apresenta também, grande propiciação para obtenção de água subterrânea, principalmente na Formação Nhamundá (Monteiro et al., 1998).

As características heterogêneas dos corpos hídricos amazônicos são diretamente influenciadas pela geoquímica da região diante de sua formação geológica, a grande quantidade de matéria orgânica em processo de degradação devido a densa floresta latifoliada, a elevadas temperaturas pela proximidade com a zona equatorial, a variação das fases hidrológicas, dentre outros fatores. Por outro lado, os processos geológicos, tais como: intemperismo, erosão, transporte de sedimentos

estão associados à precipitação e evapotranspiração, intensos na Amazônia, que contribuem para a formação da densa rede de drenagem perene na região (Souza e Castellon, 2012).

Os rios que apresentam águas pretas, como por exemplo, o rio Uatumã, nascem em terrenos de rochas cristalinas, que são escuras, há pouco material em suspensão e o pH é muito baixo (ácido), devido às diminutas concentrações de cálcio e magnésio e de nutrientes (Souza e Castellon, 2012; Brasil et al., 2013).

A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/11, disponibiliza os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A investigação de determinada contaminação, ou alteração da qualidade da água pode seguir esta portaria. Para amenizar a contaminação em meio aquoso surgem estudos envolvendo os parâmetros físicos e químicos que são úteis na avaliação da qualidade da água, principalmente as de abastecimento público.

2 – METODOLOGIA

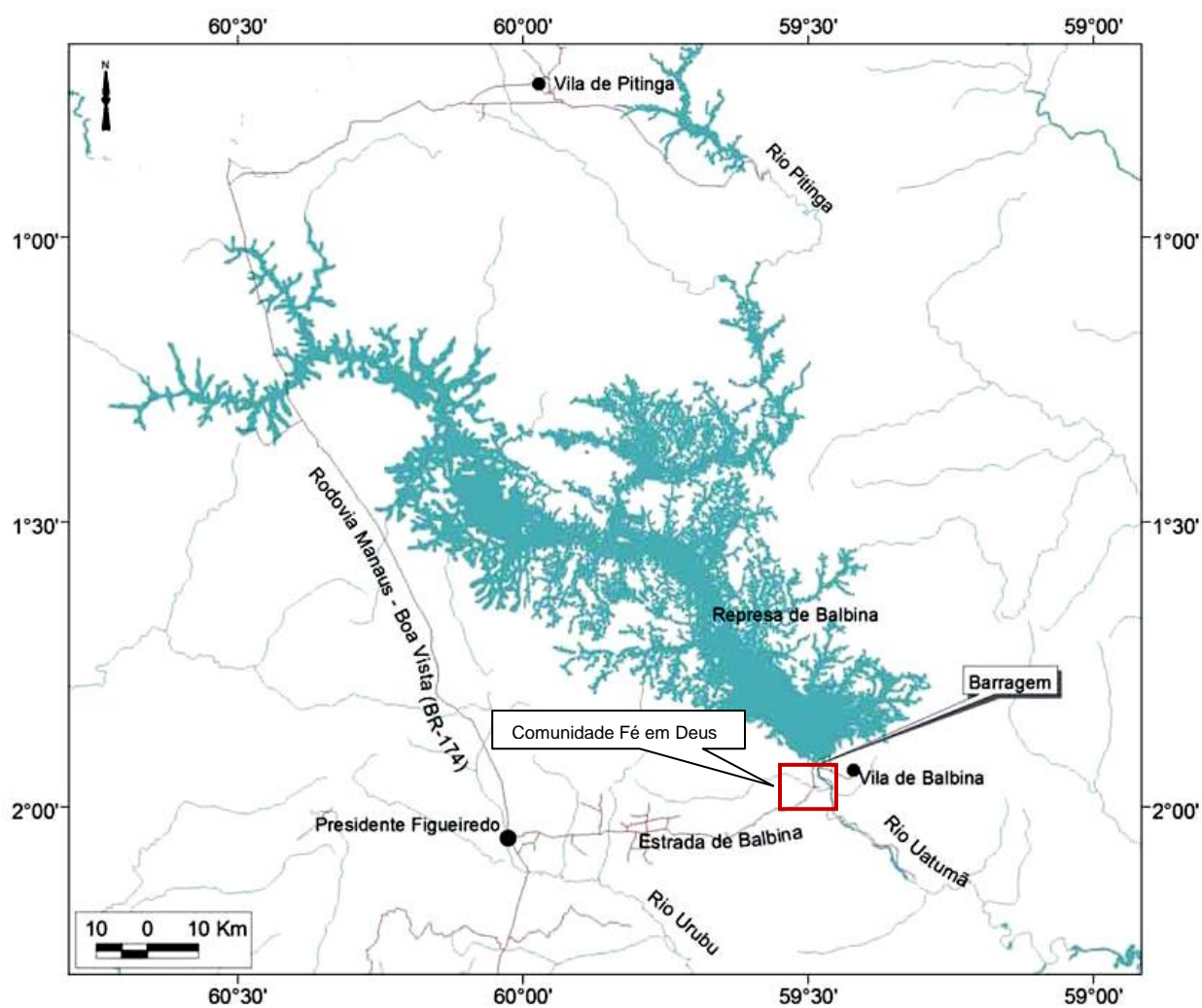
2.1 - Área de estudo

Afluente da margem esquerda do rio Amazonas, a bacia do Uatumã (Figura 1), se encontra entre as longitudes 58°34'W e 60°54'W e latitudes 0°15 e 2°48'S. Esta bacia, localizada no estado do Amazonas é cortada pela BR-174, rodovia de acesso entre Manaus e Boa Vista. A comunidade Fé em Deus, também denominada Novo Paraíso na parte localizada às margens do rio Uatumã, localiza-se nas imediações da UHE-Balbina onde o acesso a esta comunidade é feito pela rodovia AM-010, km 68.

Estudos realizados por Rocha et al. (2013) mostraram que a comunidade existia antes da implementação da UHE-Balbina, sendo esta diretamente afetada pelos percalços resultantes de sua instalação. O comprometimento dos mananciais superficiais resultou na necessidade de se explorar os recursos hídricos subterrâneos no intuito de se buscar uma fonte de abastecimento potável para a comunidade, sendo estes instalados pela prefeitura de Presidente Figueiredo e pela Associação Comunidade Novo Paraíso conforme dados dos poços abrangidos neste estudo disponibilizados pelo SIAGAS-SGB/CPRM.

O regime sazonal no rio Uatumã, segue o mesmo padrão característico dos demais rios amazônicos, com um período de águas altas, nos meses de abril a junho, e de águas baixas de agosto a dezembro. O clima é classificado como tropical úmido apresentando temperaturas elevadas (média

de 36° a 38° C) e alta densidade pluviométrica (2.000 mm), possuindo estações seca (junho a novembro) e chuvosa (dezembro a maio) bem definidas (Feitosa et al., 2007).



Fonte: Bases Cartográficas IBGE/SIPAM (2004)

Figura 1. Área de estudo: Bacia do rio Uatumã

A amostragem ocorreu nos meses de abril (2013), agosto (2013), outubro (2012) e dezembro (2012), abrangendo as estações de seca e chuvosa para a bacia do Uatumã, conforme ilustrado na Figura 2.

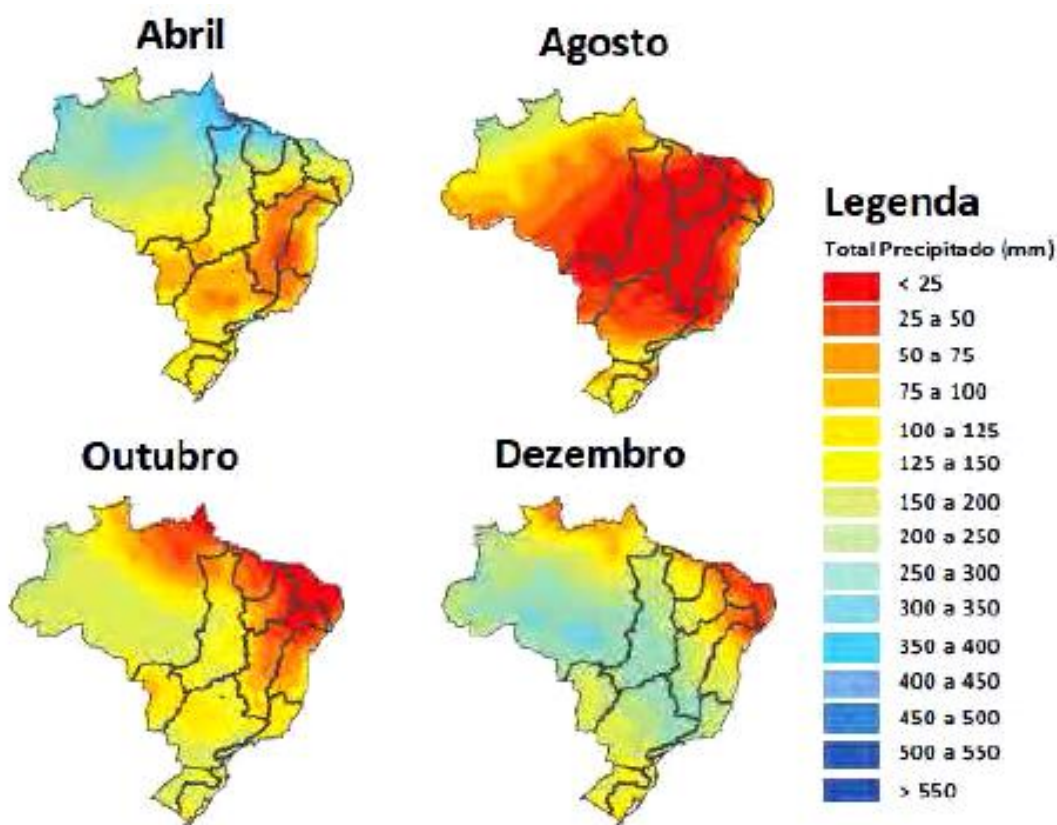


Figura 2. Distribuição espacial da precipitação média mensal nos meses de abril, agosto, outubro e dezembro (FONTE: adaptado de Brasil (2013))

2.2 - Amostragem e análise dos parâmetros

Os procedimentos de coleta e preservação das amostras foram seguidos conforme recomendado por ANA (2011) onde estas foram armazenadas à aproximadamente 4°C e as amostras coletadas para quantificação do teor de cálcio foram fixadas com HNO₃ 1:1 e armazenadas em frascos de borossilicato. As amostras do rio Uatumã foram coletadas em garrafas de polietileno por meio de imersão do frasco à 30cm abaixo da lâmina d'água. Simultaneamente, foram mensurados *in loco* os seguintes parâmetros: condutividade elétrica, pH e turbidez. O mesmo procedimento foi seguido para as amostras dos poços de abastecimento sendo estas coletadas diretamente das saídas dos poços. As amostras preservadas foram direcionadas para análise laboratorial dos seguintes parâmetros: sólidos totais dissolvidos (método gravimétrico), cálcio (Titulação complexométrica com EDTA – Ácido etilendiamino tetra-acético) e cloretos (Titulação de precipitação – Método de Mohr), seguindo metodologia especificada por APHA (2012). Os pontos de coleta foram devidamente georreferenciados com auxílio de aparelho GPS e listados na Tabela 1.

Tabela 1. Pontos amostrados na comunidade Fé em Deus/Novo Paraíso

<i>Descrição dos pontos de coleta</i>	<i>Coordenadas</i> <i>Latitude/ Longitude</i>
Poço de abastecimento – Fé em Deus (PFD)	1°57'27.30"S / 59°29'15.10"O
Poço de abastecimento – Novo Paraíso (PNP)	1°56'59.60"S / 59°28'53.70"O
Rio Uatumã	1°56'55.20"S / 59°28'49.10"O

Os dados de cota do terreno e de profundidade dos poços amostrados foram extraídos do banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

Os dados dos parâmetros analisados foram submetidos à análise estatística descritiva e à análise de correlação entre os sistemas amostrados (subterrâneo e superficial) pela obtenção do coeficiente de correlação de Spearman para dados não-paramétricos utilizando o software *Action 2.4*.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A hidroquímica das águas subterrâneas está relacionada diretamente com os produtos de intemperismo das rochas, sendo estes influenciados pela variação sazonal da temperatura, do regime pluviométrico, da cobertura vegetal e do uso e ocupação do solo que influi no regime de infiltração e drenagem das águas superficiais (Teixeira et al., 2000).

Na comunidade estudada, a vegetação dominante é do tipo floresta equatorial subperenifólia densa que é característica pela predominância de imensas árvores que sobressaem do dossel superior, tendo sua fisionomia com árvores emergentes e espaçadas em forma de pequenas manchas (Rodrigues et al., 2001). A presença de predominante da floresta densa facilita os efeitos do intemperismo físico, que abre caminho para promover o processo de intemperismo químico, resultando na alteração da composição química das águas subterrâneas (Teixeira et al., 2000). Logo, verifica-se que ambos os poços amostrados estão submetidos às mesmas condições com relação à cobertura vegetal e uso e ocupação do solo, devido à ocupação dessa região pela comunidade e remoção de parte da vegetação nos arredores dos poços de abastecimento.

Entretanto, ao se avaliar a variação dos dados obtidos de ambos os poços, verifica-se um comportamento heterogêneo dos poços com relação aos parâmetros estudados (Figura 3 e 4). Esta variação pode ser explicada pelas diferenças no perfil litológico destes poços devido a estes possuírem cota e altura distintas (Tabela 2), apesar de serem instalados em períodos próximos.

Tabela 2. Dados gerais dos poços amostrados

<i>Pontos de coleta</i>	<i>Cota do terreno (m)</i>	<i>Profundidade (m)</i>	<i>Data da instalação</i>
Poço de abastecimento – Fé em Deus (PFD)	97,0	18,0	01/06/1997
Poço de abastecimento – Novo Paraíso (PNP)	180,0	38,0	30/07/1997

A comunidade localiza-se sob o domínio das bacias sedimentares do grupo Trombetas que é constituída de folhelhos e siltitos carbonosos e piritosos com arenito, sillexito e lentes de diamictito, datadas do Paleozóico. Estas bacias possuem alta favorabilidade para o armazenamento de água subterrânea, sendo características por serem bons reservatórios, onde a permeabilidade das águas oriundas da precipitação pluviométrica é favorecida resultando na exploração de vazões significativas (Bomfim, 2010). Esta afirmação se reflete nos dados observados (Figura 3 e 4) onde se visualiza uma oscilação nos valores, principalmente nos teores de cálcio, turbidez e sólidos totais dissolvidos.

O relevo da área estudada é do plano e suave ondulado, o que favorece um escoamento superficial com baixas velocidades, aumentando a capacidade de infiltração. Com relação ao pH, verifica-se que no mês de abril, ocorre uma diminuição nos seus valores em relação aos meses de outubro e dezembro. Um dos fatores que pode explicar esse decréscimo é a influência pela percolação das águas das chuvas que são ricas em O₂, e ao entrarem em contato com o solum (camada composta por produtos de decomposição da floresta e pelos produtos do intemperismo das rochas) tem o seu pH diminuído ao longo do percurso, além de resultar no deslocamento de cátions alcalinos e alcalino-terrosos resultando no aumento da concentração destes nas águas que são submetidas a essas mesmas influências (Teixeira et al., 2000).

O solo da região amostrada é do tipo gleissolo háplico que são compostos de minerais hidromórficos formados a partir de sedimentos recentes. Devido a constante sedimentação do material fino carregado pelas chuvas, a textura deste tipo de solo é muito argilosa possuindo valores altos de silte, resultando em uma maior capacidade de cimentação destes dificultando a sua drenagem. São característicos por possuírem baixa disponibilidade de nutrientes (Rodrigues et al., 2001), sendo esta refletida nos baixos valores de condutividade e de sólidos totais dissolvidos de suas águas subterrâneas. Apesar da variabilidade dos parâmetros ser visível ao longo do período hidrológico amostrado, nota-se que estes se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011 que recomenda que os valores máximo estabelecidos para os parâmetros turbidez, pH, sólidos totais dissolvidos e cloretos sejam de, respectivamente, 5.0

UNT, 1000mg.L^{-1} , 6,0-9,0 e 250mg.L^{-1} . Logo, as águas destes poços são reputadas como potáveis considerando os parâmetros avaliados.

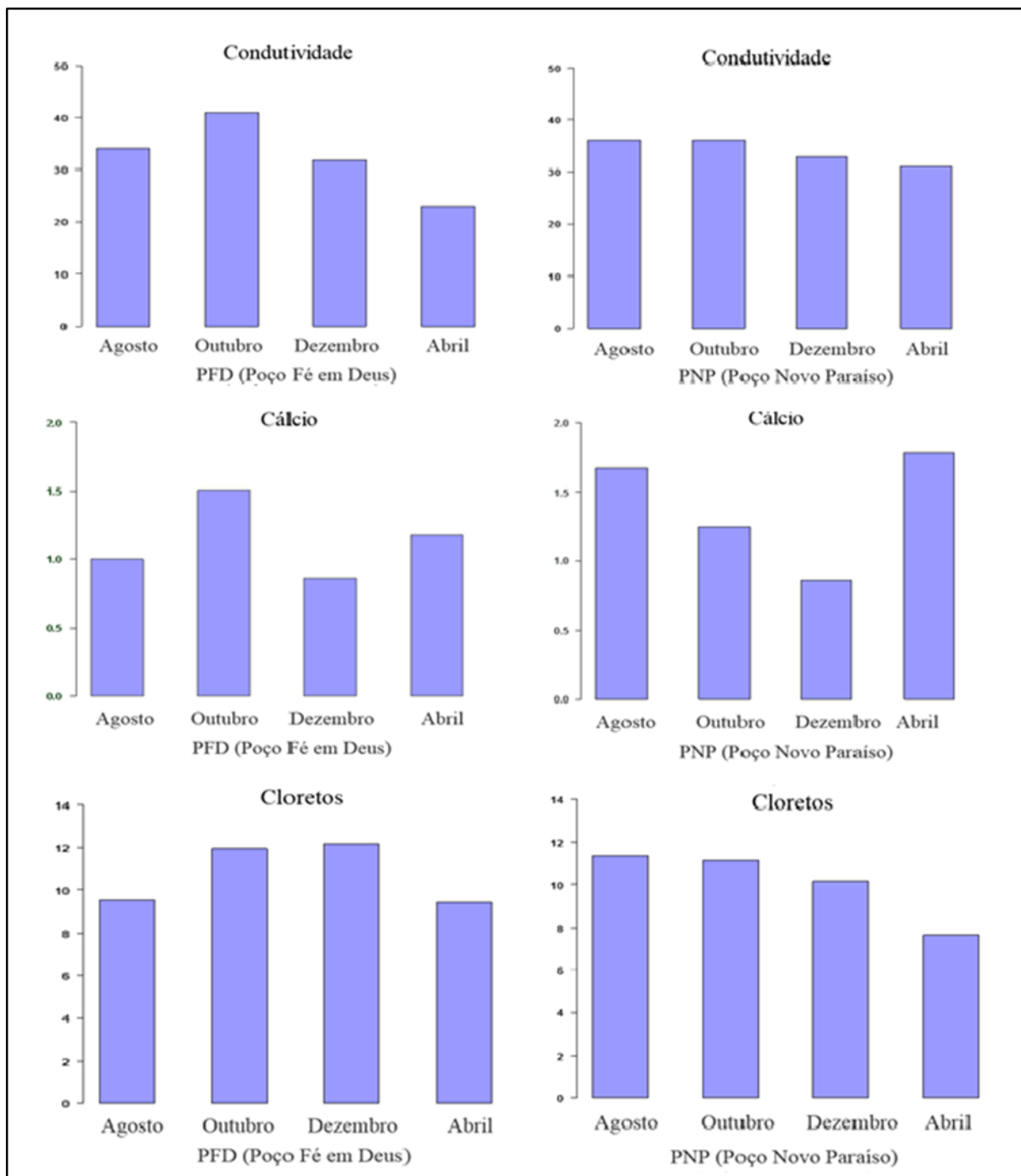


Figura 3. Quantificação dos parâmetros: condutividade, cálcio e cloretos nas águas dos poços PNP e PFD nos meses abrangidos

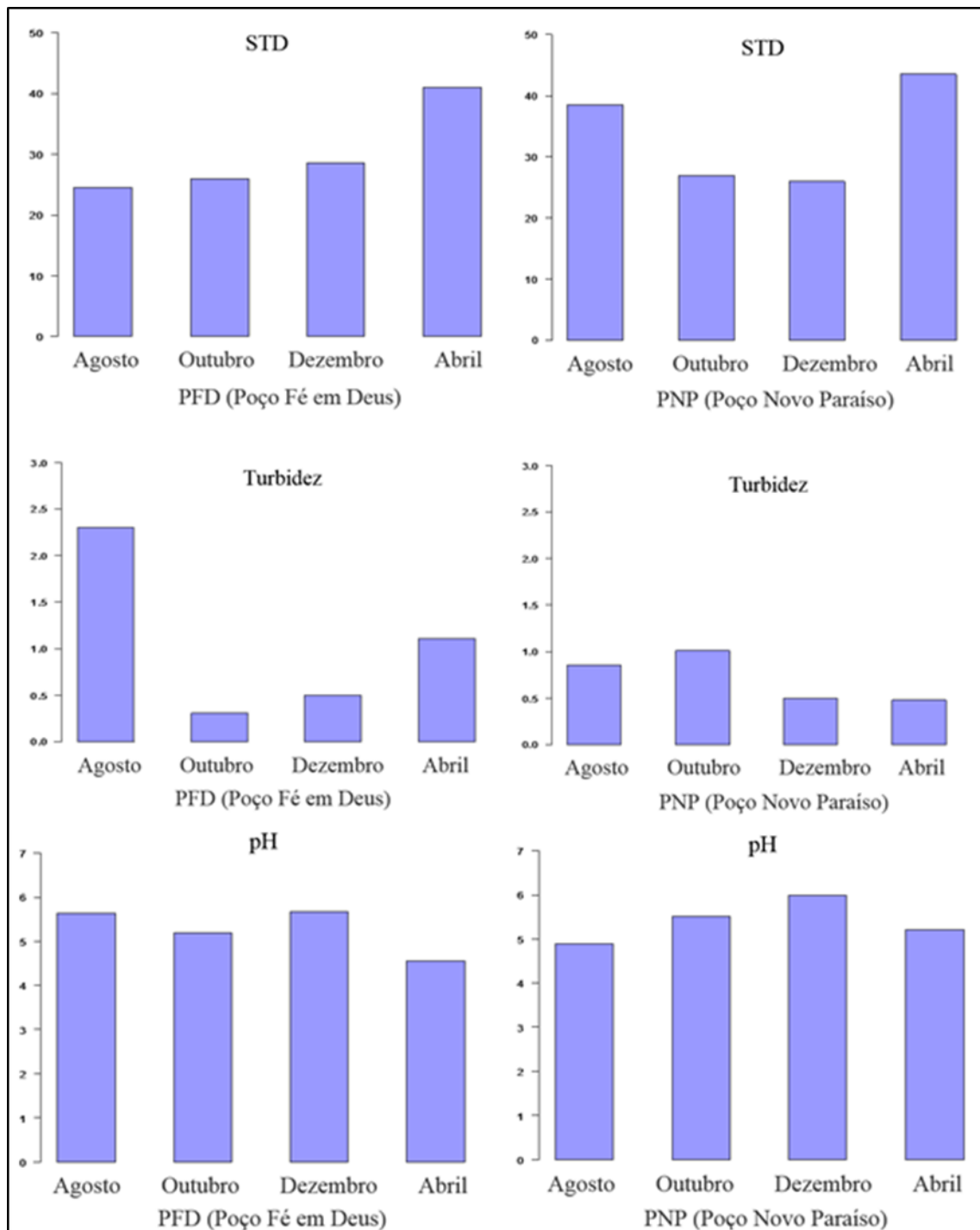


Figura 4. Quantificação dos parâmetros: sólidos totais dissolvidos, turbidez e pH nas águas dos poços PNP e PFD nos meses abrangidos

Tanto as águas superficiais como as águas subterrâneas estão sujeitas a sofrerem variações significativas conforme alteração no regime climático e em sua cobertura vegetal regional. Com base nesta realidade, foi possível verificar através da matriz de correlação de Spearman para os pontos amostrados (poços e rio Uatumã), Figura 5, que os sistemas estão fortemente interligados, tendo a concentração dos parâmetros avaliados dependentes do regime sazonal, além de possuírem uma interação significativa entre si.

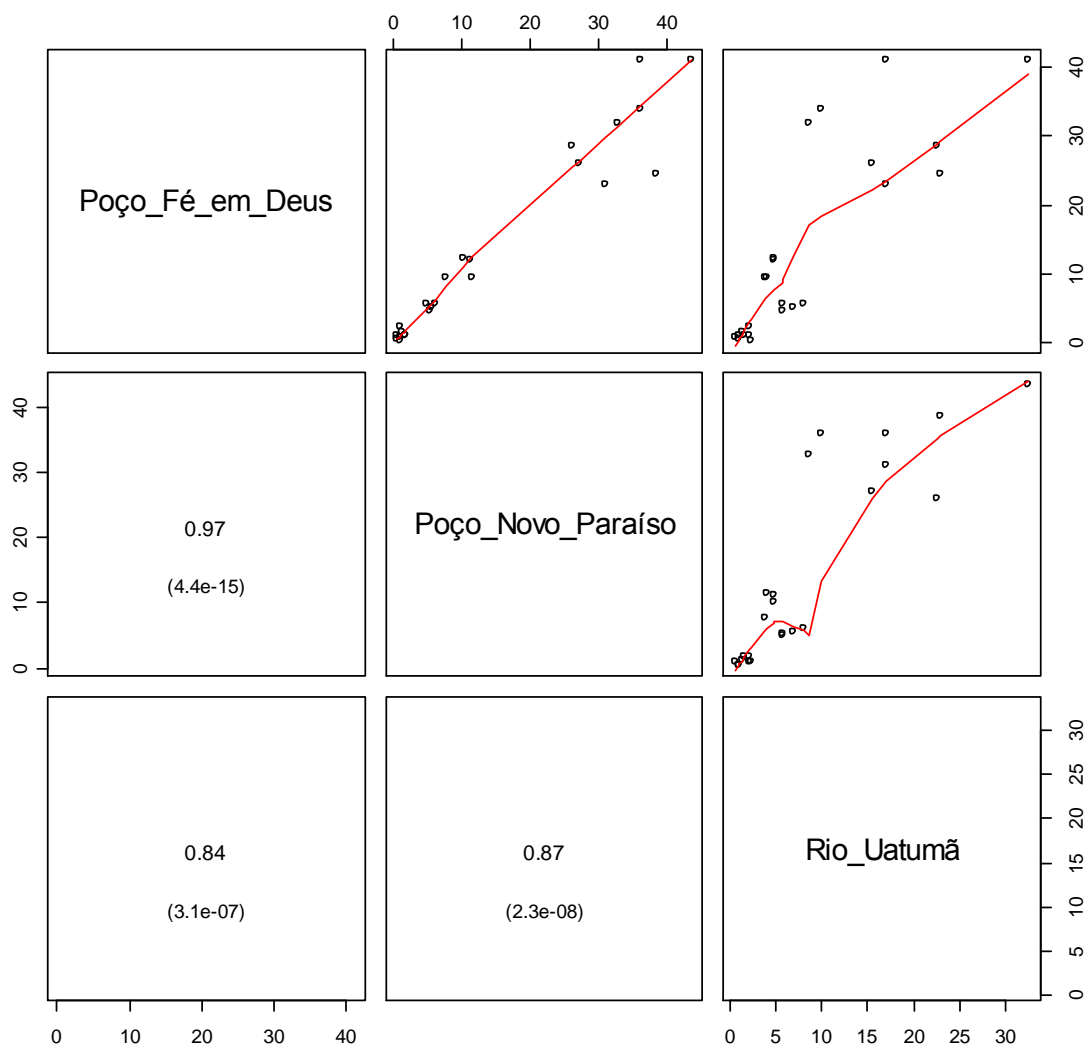


Figura 5. Matriz de correlação dos sistemas estudados

A interação significativa entre as águas do poço Novo Paraíso e do rio Uatumã (0,87 e p-valor = $2,3 \times 10^{-8}$) demonstraram que em períodos hidrológicos distintos ocorre um maior fluxo de água na zona ripária, onde em períodos de seca, o rio é abastecido pelas águas subterrâneas nos períodos de cheia, as águas subterrâneas sofrem influência do manancial superficial.

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda de mananciais subterrâneos para fins de abastecimento requer o cumprimento de medidas cautelares de forma a se garantir que as águas distribuídas atendam às normas exigidas pelas legislações vigentes. Verificou-se por meio deste que a qualidade das águas subterrâneas que abastecem a comunidade Fé em Deus não possuem sua qualidade comprometida conforme varia o

regime hidrológico da região da bacia do Uatumã, não representando risco à saúde dos habitantes que residem nessa comunidade com base nos parâmetros analisados.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA- Agência Nacional de águas, 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; São Paulo: CETESB; Brasília: ANA: 326p.

APHA - American Public Health Association; American Water Work Association – AWWA, 2012. Water Pollution Control Federation – WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. New York: 1268p.

BOMFIM, L. F. C.; 2010. Mapa de Domínios/Subdomínios hidrogeológicos do Brasil em ambiente Sig: Concepção e metodologia. XVI Congresso Brasileiro de águas subterrâneas & XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Revista Águas Subterrâneas. São Luís: 18 p. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. www.abas.org

BRASIL, M. A.; ANDRADE, L. A. Z. de; DUBOIS, G. S. J.; SOUZA, M. L.; OLIVEIRA R.B. da S., 2013. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil/Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 432p.

FEITOSA, F. A. C. et al., 1997. Hidrogeologia: Conceito e Aplicações. Fortaleza: Serviço Geológico do Brasil (CPRM, LABHID–UFPE).

FEITOSA, G. S.; GRAÇA, P. M. L. de A.; FEARNSIDE, P. M., 1997. Estimativa da zona de deplecionamento da hidrelétrica de Balbina por técnica de sensoriamento remoto. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 6713-6720.

FIGUEIREDO, M. D. M.; LARAQUE, 1999. A. Balbina: 10 anos depois. In: Manaus'99 - hydrological and geochemical processes in large scale riverbasins: extended abstracts. Brasília: HIBAM - CD-ROM.

KILEY, D. K.; SCHNEIDER, R. L., 2005. Riparian roots through time, space and disturbance. Plant and Soil, p.259–272.

MONTEIRO, E. A.; NAVA, D. B.; CORREIA, M. C., 1998. Programa de Integração Mineral em municípios da Amazônia Primaz de Presidente Figueiredo. CPRM: 20p.

MOURA, M.A.L.; MEIXNER, F.X.; TREBS, I.; Lyra, R.F.F.; ANDREAE, M.O.; FILHO, M.F. , 2004. Evidência observacional das brisas do lago de Balbina (Amazonas) e seus efeitos na concentração de ozônio. Acta Amazônica, vol. 34, n. 4, p. 605-611.

PORTARIA MS nº 2.914/2011 - “*Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.*” - Data D. O.: 12/12/2011.

ROCHA, J. C. F.; CHATEAUBRIAND, A. D.; ALBUQUERQUE, A. R. C.; CARTAXO, E. F.; HONORATO, F. C. L.; NOGUEIRA, L. D., 2013. Uso e ocupação do solo na Amazônia: a influência de uma usina hidrelétrica. *In: XIII Safety, Health and Environment World Congress.* www.copec.org.br

RODRIGUES, T. E.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; SANTOS, P. L.; SILVA, P. R. O., 2001. Caracterização e classificação dos solos do município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Oriental, Belém: 50p.

SOUZA, L. A. G.; CASTELLON, E. G., 2012. Desvendando as Fronteiras do conhecimento na região amazônica do Alto Rio Negro. 1. ed., INPA, Manaus: 347p.

TEIXEIRA, P.; BRASIL, M.; RIVAS, A., 2007. Produzir e viver na Amazônia Rural: Estudo Sociodemográfico de Comunidades do Médio Solimões. EDUA, Manaus: 192p.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.), 2000. *Decifrando a Terra.* Oficina de Textos, São Paulo: 568 p.