

# IMPORTÂNCIA DA RETOMADA DA REDE GNIP NO BRASIL PARA A GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Ferreira<sup>1</sup>, Oliveira<sup>2</sup>, Amore<sup>3</sup> e Kircheim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Agência Nacional de Águas, Brasília, [adriana.ferreira@ana.gov.br](mailto:adriana.ferreira@ana.gov.br)

<sup>2</sup>Agência Nacional de Águas, Brasília, [fernando@ana.gov.br](mailto:fernando@ana.gov.br)

<sup>3</sup>Agência Nacional de Águas, Brasília, [luiz.amore@ana.gov.br](mailto:luiz.amore@ana.gov.br)

<sup>4</sup>Serviço Geológico do Brasil, São Paulo, [roberto.kircheim@cprm.gov.br](mailto:roberto.kircheim@cprm.gov.br)

**Palavras-Chave:** rede, isótopos, hidrologia isotópica, coletores de água de chuva.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as técnicas isotópicas têm sido cada vez mais utilizadas em estudos de hidrológicos e climáticos, e em especial de hidrogeológicos. As variações observadas na composição isotópica da precipitação, relacionadas à variabilidade climática, influenciam diretamente a composição das águas subterrâneas.

Apesar das enormes possibilidades de aplicação dos estudos isotópicos para a gestão integrada dos recursos hídricos atmosféricos, superficiais e subterrâneos, sua utilização no Brasil tem ficado restrita a projetos específicos, não havendo uma rede pluviométrica sistematicamente estabelecida para utilização dos dados isotópicos básicos na gestão dos recursos hídricos. Ademais há uma enorme lacuna na capacitação de profissionais no conhecimento dos usos e potencialidades da aplicação dos isótopos com vistas à efetivação desta gestão integrada.

Dentre as contribuições recentes para o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil com o uso de isótopos, podemos destacar: i) o estabelecimento do valor superior a 60% para a recarga dos aquíferos rasos do município de São Paulo (SP) por águas tratadas e de esgotos da Sabesp com isótopos de hidrogênio, oxigênio, estrôncio e chumbo; ii) elaboração de novo modelo numérico para o gerenciamento das águas em Recife (PE) com base na avaliação das idades das águas extraídas (entre 8 e 20 mil anos), variações do nível do mar nos últimos 120 mil anos, dentre outros estudos com o uso de ferramentas isotópicas e geoquímicas, permitindo prever a salinização do aquífero num período de 35-50 anos se forem mantidos os atuais níveis de exploração; iii) avaliação de que nitratos provocaram contaminação extensiva na região sob as cidades do interior de São Paulo no aquífero Bauru, apesar da região oeste do estado contar com cobertura de redes de esgoto; para citar alguns dos exemplos de estudos (anexo) realizados pelo Centro de Estudos de Águas Subterrâneas (Cepas/USP).

Lamentavelmente, o Brasil encontra-se praticamente fora da Rede Global para Medições Isotópicas em Águas de Chuva (*Global Network of Isotopes in Precipitation – GNIP*) e não conta com arranjos que permitam o uso sustentável das ferramentas isotópicas na gestão dos recursos hídricos. Por outro lado, existem algumas instituições de pesquisa e acadêmicas que contam com equipes pioneiras que desenvolveram projetos que resultaram nos avanços do uso de isótopos, destacando-se sua aplicação na área agrícola (Esalq/USP), climática por meio da caracterização dos processos de evapotranspiração que permitiu a elaboração do modelo conceitual de rios voadores (Cptec, INPA, etc.) e na hidrogeológica como na definição das áreas de recarga e descarga do Aquífero Guarani (CDTN e Unesp), para citar apenas algumas das aplicações técnico-científicas realizadas no Brasil. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) também tem apoiado o desenvolvimento dos usos e as análises de laboratórios de isótopos

estáveis, regulando as aplicações radioativas e atuando como o ponto focal do Brasil junto à Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA, IAEA em inglês), órgão do sistema da ONU foi criada com o objetivo de acelerar e aumentar a contribuição da energia atômica para a paz, saúde e prosperidade em todo o mundo. A seção de hidrologia isotópica é a responsável pelo planejamento e implementação de todas as atividades do Programa de Recursos Hídricos, incluindo várias atividades como projetos de coordenação, publicações, redes de dados isotópicos, análise de dados e encontros técnicos. Esta agência publica rotineiramente chamadas de projetos de pesquisa para áreas específicas, incluindo a de recursos hídricos.

Desta forma, tendo em vista a lacuna de monitoramento isotópico no Brasil e em outros países da América Latina a professora Emília Bocanegra apresentou em 2014 uma proposta de projeto no âmbito do “Acordo Regional de Cooperação para a Promoção da Ciência e Tecnologia Nucleares na América Latina e Caribe” para a AIEA (ARCAL/CNEN/AIEA) denominado Projeto RLA7018 intitulado “Desenvolvimento do conhecimento de águas subterrâneas para contribuir com sua proteção, gestão integrada e governança”.

## **A COOPERAÇÃO COM A AIEA**

O projeto RLA/7018 foi uma iniciativa de caráter regional, envolvendo outros quatro países em estágio semelhante no tema: Argentina, Costa Rica, Equador e Nicarágua. A participação da ANA com este projeto se deu de forma efetiva a partir de 2017 com o envolvimento da Coordenação de Águas Subterrâneas em articulação junto à outras áreas da agência. Diversas atividades foram desenvolvidas neste período, destacando-se entre elas o treinamento de profissionais diversos e um seminário para o planejamento da implementação de 10 coletores de água de chuva a serem incorporados na rede GNIP, doados pela AIEA.

Este projeto foi substituído em 2018 pelo Projeto RLA/7024 intitulado “Integrando a hidrologia isotópica nos diagnósticos compreensivos de recursos hídricos” incluindo a participação de novos países (Colômbia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, México, Paraguai e Venezuela), e que dará continuidade às atividades em curso nos países, bem como novas atividades a serem definidas na Reunião de Coordenação.

## **A GNIP**

A instalação da Rede Global para Medições Isotópicas em Águas de Chuva (*Global Network of Isotopes in Precipitation – GNIP*), iniciou-se no ano de 1958, pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) em cooperação com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), e tornou-se operacional a partir de 1961. Esta rede tinha como objetivo inicial o monitoramento das concentrações de trítio produzidas pelos testes nucleares, liberadas na atmosfera, e posteriormente a composição isotópica de oxigênio e hidrogênio na precipitação.

Por mais de 50 anos, a GNIP forneceu dados de isótopos globais para o uso em investigações hidrológicas, avaliação, planejamento, conservação e desenvolvimento de recursos hídricos. Embora estes objetivos primários permaneçam como uma característica importante, ao longo da última década, outras disciplinas científicas têm aumentado o uso desse inestimável e inigualável banco de dados de isótopos, incluindo:

- (i) verificar e melhorar os modelos de circulação atmosférica,
- (ii) estudar clima regional, global e temporal,

- (iii) estudar as interações da água entre a atmosfera e a biosfera, e
- (iv) fornecer informações básicas para a autenticação de mercadorias, tais como alimentos, plantas e para rastrear espécies migratórias (pássaros, peixes, borboletas etc.) e para fins forenses.

Amostras de precipitação são coletadas em cooperação com a OMM, serviços meteorológicos nacionais, autoridades nacionais e voluntários científicos. Desde 1961, mais de 1.000 estações meteorológicas em mais de 125 países e territórios coletaram amostras mensais de precipitação como parte da GNIP. As estações participantes coletam compostos mensais de precipitação para análises de deutério e oxigênio-18 (estações selecionadas também amostram Trítio). As amostras são analisadas principalmente no Laboratório de Hidrologia Isotópica da AIEA em Viena, mas também são medidas em laboratórios cooperantes. A AIEA mantém um banco de dados aberto e disponível em seu site (<https://nucleus.iaea.org/wiser/index.aspx>), que armazena e disponibiliza todas as informações coletadas na rede GNIP.

## A GNIP NO BRASIL

Os primeiros estudos sobre a composição isotópica de águas naturais no Brasil iniciaram-se na década de 1960, a partir de um projeto internacional patrocinado pela AIEA e OMM e da instalação do Laboratório de Espectrometria de Massa no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA). Por meio do projeto da AIEA e OMM foram instaladas, a partir de 1961, estações coletoras de precipitação nas cidades de Ceará-Mirim, Cuiabá, Porto Alegre, Rio de Janeiro e São Gabriel da Cachoeira. A partir de 1963, estações foram instaladas nas cidades de Belém, Brasília, Fortaleza, Manaus, Porto Velho e Salvador. Finalmente, a partir de 1972, foram instaladas as estações de Campo Grande, Rio Branco e Uaupés. Essa rede de estações funcionou regularmente até meados da década de 1980 (Tabela 1), quando sua operação foi descontinuada em função de questões políticas e orçamentárias. Outras estações foram implantadas no âmbito de pesquisas específicas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Salati *et al* (1980) e Gastmans *et al* (2017) com pouco tempo de funcionamento (AIEA).

**Tabela 1.** Estações GNIP com séries históricas.

Estação	Código	Início	Fim	Parceiros
Belém (PA)	8219100	1965	1990	CENA
Brasília (DF)	8337800	1963	1987	CENA
Campo Grande (MS)	8361201	1973	1979	CENA
Ceará-Mirim (RN)	8259800	1961	1983	CENA
Cuiabá (MT)	8336101	1961	1987	CENA
Fortaleza (RN)	8239700	1965	1987	CENA
Manaus (AM)	8233100	1965	1990	CENA
Porto Alegre (RS)	8396700	1957	1983	N. I.
Porto Velho (RO)	8282500	1965	1983	CENA
Rio Branco (AC)	8291500	1972	1990	CENA
Rio de Janeiro (RJ)	8374300	1961	1987	CENA
Salvador (BA)	8322900	1965	1987	CENA
São Gabriel da Cachoeira (AM)	8210600	1961	1983	CENA
Uaupés (AM)	8210201	1972	1979	CENA

Fonte: AIEA, 2018. Legenda: N.I. – Não Identificado.

Observa-se que esta descontinuidade impactou fortemente a cobertura da rede GNIP na América do Sul, e conseqüentemente a evolução de pesquisas no tema. Entretanto, a demanda expressa por outros usuários de dados desta rede levou a AIEA a encorajar as instituições brasileiras a reativar as estações no Brasil.

Apenas no ano de 2008 monitoramentos isotópicos sistemáticos relacionados a precipitação foram retomados em território brasileiro, com a instalação de uma estação de coleta

da precipitação no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, localizada na cidade de Belo Horizonte (MG) e incorporada à GNIP. Há outras três estações no estado do Ceará geridas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), mas que não estão incorporadas na GNIP.

Mais recentemente, no ano de 2017, a Agência Nacional de Águas (ANA) em articulação com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) conseguiu retomar a implantação e operação de outros pontos no Brasil graças ao incentivo dado pelo Projeto RLA/7018.

O passo inicial para a implantação destes pontos foi a doação pela AIEA de dez coletores de água de chuva, que vem sendo instalados por meio de repasse de recursos da ANA para a CPRM. No âmbito deste Termo de Execução Descentralizada foi proposto um calendário para a instalação destes coletores e de outros obtidos junto à pesquisadores (Tabela 2). Em 2017 foram instaladas duas estações, sendo que outras oito serão instaladas este ano, e pelo menos outras duas em 2019 (Figura 1). A proposta original de locação das estações feita no Seminário realizado no âmbito do Projeto RLA/7018 sofreu algumas alterações em função de questões logísticas e a atual ainda pode sofrer modificações e complementações.

**Tabela 2.** Calendário proposto para a instalação de estações GNIP no Brasil.

Estação	Situação	Local	Observação
Porto Alegre (RS)	Instalada em 2017	SUREG-POA	Coletor cedido por Didier Gastmans
São Gabriel do Oeste (MS)	Instalada em 2017		Coletor cedido por Didier Gastmans (próximo de poço RIMAS)
Manaus (AM)	A ser instalada em 2018	SUREG-Manaus	
Belém (PA)	A ser instalada em 2018	SUREG- Belém	
Porto Velho (RO)	A ser instalada em 2018	SUREG- Porto Velho	
Salvador (BA)	A ser instalada em 2018	SUREG- Salvador	
Goiânia (GO)	A ser instalada em 2018	SUREG- Goiânia/Aeroporto	
Teresina	A ser instalada em 2018	SUREG-Teresina	
Rio de Janeiro	A ser instalada em 2018	SUREG-Rio de Janeiro	
Recife (PE)	A ser instalada em 2018	SUREG- Recife	
Barreiras (BA)	A ser instalada em 2019		Proximidade de poço RIMAS
Cuiabá (MT)	A ser instalada em 2019		Proximidade de poço RIMAS
Palmas (TO)	A ser instalada em 2019		Proximidade de poço RIMAS

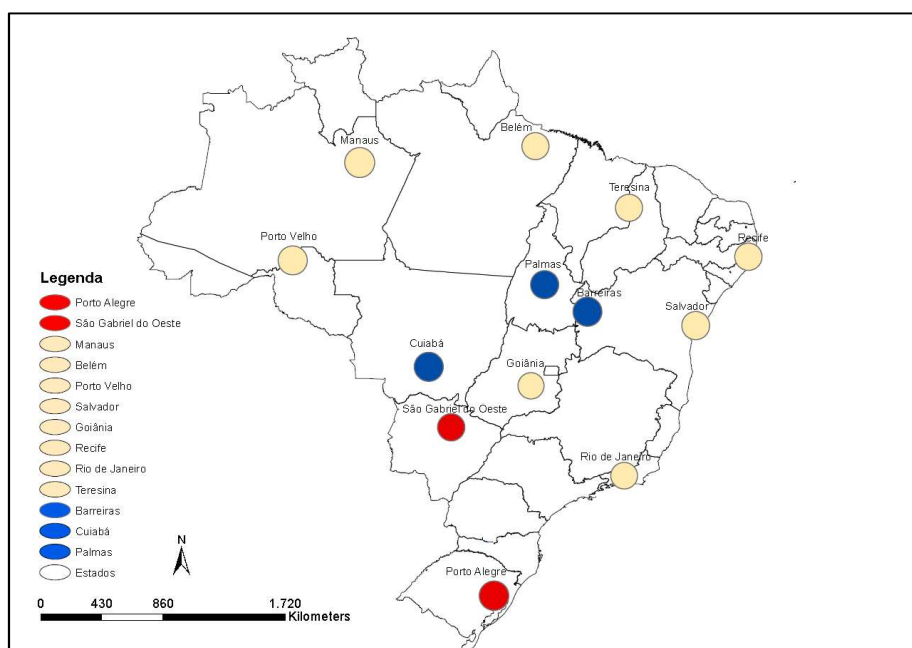


Figura 1. Localização das estações propostas conforme cronograma proposto.

Estas estações têm sido instaladas nas unidades descentralizadas da CPRM ou próximas de poços da Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas (RIMAS), sempre acompanhadas de um treinamento da equipe local ou do observador na coleta e armazenamento das amostras de precipitação para análise isotópica. Amostras já vem sendo coletadas e armazenadas para envio, inicialmente, ao Laboratório de Hidrologia Isotópica em Viena. Um dos objetivos do projeto é criar e estruturar uma rede articulada de laboratórios no Brasil para análise dos isótopos de deutério, oxigênio-18 e trítio, inclusive com a criação de um centro colaborativo, e com o apoio da AEIA que oferece capacitações diversas neste tema.

## CONCLUSÕES

A análise de isótopos de elementos químicos presentes naturalmente na água em um sistema hídrico possibilita a obtenção de diversos parâmetros relacionados à sua dinâmica. Os isótopos deutério e oxigênio-18 marcam as distintas partes do ciclo hidrológico, como verdadeiras “impressões digitais”, possibilitando o conhecimento da história da água, sua origem, os processos de mudança de fase que sofreu (evaporação, por exemplo) e de mistura com outras águas. O trítio e o carbono 14 são utilizados para “datar” águas recentes e antigas, respectivamente (Minardi et al; 2008). Entretanto, esta análise prescinde de séries históricas de dados isotópicos, bem como do traçado de retas meteóricas locais mais adequadas às condições e especificidades regionais para análises mais precisas.

A retomada na instalação de pontos da Rede Global para Medições Isotópicas em Águas de Chuva (*Global Network of Isotopes in Precipitation – GNIP*) no Brasil permitirá o avanço do conhecimento não só na gestão integrada dos recursos hídricos, mas também em diversas outras áreas, inclusive aquelas que apoiam a elaboração de estudos hidrogeológicos, como estudos climáticos e hidrológicos. Ademais, com o apoio do Projeto RLA/7024 será possível o desenvolvimento das capacidades instaladas nos laboratórios, centros de pesquisa de universidades e fundações para o avanço no conhecimento em hidrologia isotópica e sua utilização nas diversas áreas do conhecimento, com destaque para a gestão integrada de águas superficiais e subterrâneas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIEA. [http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS\\_resources\\_gnip.html](http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html). Acesso em maio de 2018.

AIEA. <https://nucleus.iaea.org/wiser/index.aspx>. Acesso em maio de 2018.

Minardi, P.S.P.; Velasquez, L.N.M.; Bomtempo, V.L.; Cota, S.D.S.; Rodrigues, P. C.H. Técnicas isotópicas aplicadas em estudos hidrogeológico no município de Araguari, MG. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, Natal, RN.