

APÊNDICE 1 – Panorama geral dos trabalhos publicados na América Latina que versam sobre o uso de isótopos de <sup>15</sup>N<sub>NO3</sub> e <sup>18</sup>O<sub>NO3</sub> em hidrogeologia.

<i>Autor/Ano</i>	<i>País/Local</i>	<i>Clima</i>	<i>Aquífero (tipo)/Litologia</i>	<i>Uso do solo e características da área de estudo</i>	<i>Fontes potenciais de contaminação por nitrogênio</i>	<i>Processos que afetam δ<sup>15</sup>N<sub>NO3</sub> e δ<sup>18</sup>O<sub>NO3</sub></i>	<i>Outros traçadores utilizados para definição da contaminação</i>	<i>CE (µS/cm)</i>	<i>Cl (mg/L)</i>	<i>NO<sub>3</sub>-N (mg/L)</i>	<i>δ<sup>15</sup>N<sub>NO3</sub> (‰)</i>	<i>δ<sup>18</sup>O<sub>NO3</sub> (‰)</i>
MELO <i>et al.</i> (1998)	Brasil/Natal (RN)	Tropical	Sedimentar, livre (Sistema Aquífero Dunas/Barreiras)	Urbano: região densamente povoada, com 65% do abastecimento por águas subterrâneas	Efluentes domésticos	Valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> apontam para dejetos humanos	---	146 - 325 <b>(289)</b>	24,0 - 45,7 <b>(31,3)</b>	3,3 - 18,9 <b>(15,8)</b>	+7,8 - +13,8 <b>(+9,7)</b>	---
IRIARTE <i>et al.</i> (2006)	Chile/Santiago	Temperado	Sedimentar, livre a semiconfinado. Depósitos aluvionares variando de arenosos e cascalhosos a argilosos e siltosos	Urbano: uso principalmente residencial, com rede de esgoto; presença de importantes áreas industriais. 40% dos poços têm nitrato acima do padrão de 10 mg/L NO <sub>3</sub> -N. Periurbano/Rural: pequenas áreas agrícolas na região de entorno	Vazamento de redes de esgoto, fossas sépticas abandonadas, cemitérios e agrícolas	Valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> e δ <sup>18</sup> O <sub>NO3</sub> estão associados a excretas de animais e humanas (esgoto) em poços rasos e de nitrogênio do solo em poços intermediários e profundos. Alguns poços intermediários mostram mistura dos dois tipos de fontes. Um único poço teve assinatura de fertilizante, mas porque estava próximo a parques e um complexo esportivo	---	282 - 2.065 <b>(1.204)</b>	---	---	+3,7 - +12,3 <b>(+7,3)</b>	+0,9 - +9,0 <b>(+4,5)</b>
REYNOLDS-VARGAS <i>et al.</i> (2006)	Costa Rica/Vale Central ocidental	Tropical, floresta tropical	Vulcano-sedimentar, multicamadas livre a semiconfinado	Urbano: área com redes de esgotos antigas e restritas, mas saneamento principal é por fossas sépticas. Periurbano/Rural: pastos, florestas e plantações de café	Efluentes de fossas sépticas e fertilizantes sintéticos para cultivo de café	Valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> indicam que a fonte em áreas urbanas e periurbanas são excretas de animais e humanos (esgotos). δ <sup>18</sup> O <sub>NO3</sub> não ajudou a determinar fonte de nitrato (valores em águas subterrâneas e assinatura de fertilizante não combinaram)	---	---	---	0,02 - 8,4 <b>(2,9)</b>	+8,0 - +15,0 <b>(+11,3)</b>	+5,3 - +13,2 <b>(+9,3)</b>
VIVIANI-LIMA (2007)	Brasil/São Paulo (SP)	Subtropical	Sedimentar, livre a semiconfinado (Aquífero Resende)	Urbano: zona leste da cidade de São Paulo, ocupação residencial densa e predominantemente impermeabilizada. Presença de redes de esgoto.	Vazamento de redes de esgoto	Fonte correspondente a esgoto. Presença de COD e valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> enriquecidos em baixas concentrações de nitrato indicam desnitrificação	---	335	1,7 - 66,2	0,7 - 17,3 <b>(4,0)</b>	+14 - +52,7 <b>(+19,1)</b>	+7,4 - +16,6 <b>(+10,9)</b>
PSP/SEMARH/SERVMAR (2012)	Brasil/Região Metropolitana de Natal (RN)	Tropical	Sedimentar, livre a semiconfinado (Aquífero Barreiras). Depósitos arenosos finos a grossos, com intercalações argilosas	Urbano: Blocos Litoral Norte (BLN) e Sul (BLS) marcados por povoados ou sedes de municípios. Saneamento realizado por fossas sépticas e negras. Periurbano/Rural: entorno com áreas agrícolas	Efluentes de fossas e práticas agrícolas	Valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> para ambos os blocos mostram contaminação proveniente de fertilizantes nitrogenados, efluentes domésticos e uma mistura de ambos, constatações correlatas ao padrão de uso e ocupação de solos	---	68 - 2.697	10 - 657	4,6 - 24,4 <b>(7,7)</b>	+3,6 - +23,3 <b>(+8,5)</b>	---
VARNIER <i>et al.</i> (2013)	Brasil/Bauru, Marília, Presidente Prudente (SP)	Tropical	Sedimentar, livre (Sistema Aquífero Bauru: Aquíferos Marília e Adamantina). Depósitos arenosos	Urbano: municípios situados na região centro-oeste do ESP e que somam 850 k habitantes. Estudo focou em poços de diversas profundidades situados principalmente nas áreas centrais urbanizadas dos municípios, cobertas por redes coletoras de esgoto	Vazamentos por redes de esgoto antigas	Os valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> e δ <sup>18</sup> O <sub>NO3</sub> mostram que a fonte de nitrato relaciona-se a dejetos humanos e matéria orgânica. Variação isotópica explicada por nitrificação, mas relação entre isótopos e δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> > 10‰ podem indicar desnitrificação para algumas porções do aquífero	---	34 - 726 <b>(173)</b>	0,01 - 57,5 <b>(7,0)</b>	0,6 - 19,1 <b>(6,2)</b>	+5,1 - +15,9 <b>(+9,9)</b>	+3,7 - +8,7 <b>(+5,8)</b>
MARTÍNEZ <i>et al.</i> (2014)	Argentina/Mar del Plata	Temperado oceânico	Sedimentar, multicamadas, livre. Depósitos de loess	Urbano: região densamente povoada com rede de coleta de esgoto. Periurbano/Rural: atividades agrícolas, com baixa densidade de ocupação e uma instalação sanitária	Fertilizantes orgânicos (esterco e guano) e efluentes de fossas negras em área rural, vazamento de rede de esgoto na cidade	<sup>18</sup> O mostra que o nitrato foi formado pela nitrificação de amônio na área. Valores elevados de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> com altas concentrações de NO <sub>3</sub> mostram que as fontes relacionam-se a excretas de animais e esgotos, estes principalmente provenientes de vazamento de redes coletoras	δ <sup>34</sup> S <sub>SO4</sub> para avaliar se teria ocorrido desnitrificação no aquífero a partir de minerais de sulfeto, mas a assinatura mostrou que a fonte era atmosférica e marinha	1.329	98	18,9 - 108,4 <b>(58,8)</b>	+7,7 - +13,5 <b>(+11,5)</b>	+4,04 - +8,96 <b>(+6,7)</b>
VARNIER <i>et al.</i> (2017)	Brasil/Urânia (SP)	Tropical	Zona não-saturada acima do Aquífero Adamantina	Urbano: área mais nova da cidade com menor densidade de ocupação. Na época, o local não contava com rede de esgoto e o esgoto era lançado em fossa negra. Destaca-se criação de animais	Efluentes de fossas negras	Valores isotópicos nas porções mais superficiais da fossa indicam a nitrificação de nitrogênio proveniente de efluente da fossa. Já valores progressivamente mais enriquecidos com o aumento da profundidade sinalizam desnitrificação	Análises de gases e isótopos O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> / <sup>13</sup> C <sub>CO2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O/ <sup>15</sup> N <sub>N2O</sub> , <sup>18</sup> O <sub>N2O</sub> auxiliaram na definição do modelo conceitual da geoquímica do nitrogênio; valores isotópicos de N <sub>2</sub> O associados às elevadas concentrações de nitrato e amônio evidenciam nitrificação, embora a presença desse gás pode ser em parte por desnitrificação como apontam os isótopos de nitrato	65 - 2.250 <b>(1.437)</b>	1,3 - 179,4 <b>(44)</b>	2,7 - 250 <b>(168)</b>	+8,9 - +22,9 <b>(+18,9)</b>	-3,6 - +4,5
LEITE (2019)	Brasil/São Carlos (SP)	Tropical de altitude	Sedimentar, confinado (Sistema Aquífero Guarani). Depósitos eólicos de areia fina a média	Urbano: área bastante povoada e industrializada. Esgotamento sanitário por rede de coleta, mas presença de fossas antigas e desativadas. 50% do abastecimento é realizado por águas subterrâneas. Periurbano/Rural: expressiva atividade agropecuária	Fossas e esterco animal	Isótopos indicam dejetos humanos (fossas sépticas) e esterco como fontes. Não há evidências de desnitrificação	Gadolínio (Gd - ETR) pode ser indicativo de águas residuais e foram verificadas anomalias em poços contaminados por nitrato	32 - 77 <b>(43)</b>	0,1 - 1,6 <b>(1,0)</b>	0,4 - 3,2 <b>(1,3)</b>	+8,4 - +9,9 <b>(+9,2)</b>	+0,9 - +4,3 <b>(+1,2)</b>
SUHOUSOFF <i>et al.</i> (2019)	Brasil/São Paulo (SP)	Subtropical úmido	Zona não-saturada em manto de alteração de rochas cristalinas (Complexo Embu). Gnaisses e xistos bastante intemperizados resultando em materiais arenoargilosos	Periurbano/Rural: Área periférica da cidade de São Paulo com componente rural e loteamentos irregulares às margens da Represa Billings, abastecidos por poços cacimbas individuais e com esgotamento sanitário por fossas negras. Avaliação da fossa alternativa, construída com materiais reativos para degradação de nitrato (FA)	Efluentes de fossas negras	Variação nas concentrações de nitrato e amônio e valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> e δ <sup>18</sup> O <sub>NO3</sub> indicam nitrificação e desnitrificação em porções distintas da fossa alternativa, propositadamente induzidas pela estrutura e materiais empregados. Não houve análise isotópica para FC devido à pouca formação de nitrato	Razão de nitrato e cloreto foi utilizada para avaliação de desnitrificação em FA. Além disso, foram analisados <sup>15</sup> N <sub>NH4</sub> em fase dissolvida e os gases CO <sub>2</sub> / <sup>13</sup> C <sub>CO2</sub> , CH <sub>4</sub> / <sup>13</sup> C <sub>CH4</sub> , N <sub>2</sub> O/ <sup>15</sup> N <sub>N2O</sub> , <sup>18</sup> O <sub>N2O</sub> e O <sub>2</sub> para melhor entendimento do zoneamento geoquímico do efluente ao longo da profundidade da fossa em estudo	2.009 - 5.332 <b>(2.311)</b>	106,5 - 154,3 <b>(121,3)</b>	16,9 - 241,5 <b>(102,8)</b>	+12,9 - +27,9 <b>(+17,3)</b>	+2,9 - +7,0 <b>(+4,2)</b>
BLARASIN <i>et al.</i> (2020)	Argentina/Del Campillo	Subtropical úmido	Sedimentar, livre. Depósitos eólicos de areias muito finas a siltosas com intercalações de sedimentos fluviais arenosos a cascalhosos	Urbano: cidade com menos de 5 mil habitantes, sem rede pública de coleta de esgotos, rodeada por área agrícola. Saneamento por fossas sépticas, construídas próximo a poços particulares	Efluentes de fossas e criadouros de animais	Desnitrificação pela relação δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> x OD e δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> x NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---	2.500 - 5.600 <b>(3.130)</b>	160 - 789 <b>(322)</b>	4,5 - 86,9 <b>(32,1)</b>	+10,5 - +20,9 <b>(+12,2)</b>	+3,3 - +12,1 <b>(+7,2)</b>
TORRES MARTÍNEZ <i>et al.</i> (2020)	México/Monterrey	Semi-árido	Sedimentar, livre. Depósitos aluvionares contendo folhelhos e conglomerados	Urbano: região pouco a bastante populada e industrializada, com rede de esgoto. 40% da população abastecida por dois campos de poços. Periurbano/Rural: atividades agrícolas na porção nordeste	Vazamento de redes de esgoto e de estações de tratamento, fossas sépticas e negras, fertilizantes orgânicos e inorgânicos, aterros, conteúdo orgânico do solo	Valores de δ <sup>15</sup> N <sub>NO3</sub> e δ <sup>18</sup> O <sub>NO3</sub> indicam fontes como nitrogênio do solo e esterco e esgoto. Poços de um dos campos de poços mostram sinais de desnitrificação. Relação entre δ <sup>18</sup> O <sub>NO3</sub> e δ <sup>18</sup> O <sub>H2O</sub> indica nitrificação microbiológica para a maior parte das amostras	Autores fizeram análise de cluster, PCA, análises de relações iônicas entre haletos, nitrato e sódio e por fim a estimativa relativa entre fontes de nitrato por modelo de mistura probabilística isotópica MixSIAR que apontou 61% de contribuição de N de solo e 38% de esterco/esgoto	560 - 1.651 <b>(997)</b>	16,3 - 224,3 <b>(42,4)</b>	0,7 - 7,0 <b>(2,4)</b>	+3,5 - +14,8 <b>(+9,9)</b>	+1,4 - +9,9 <b>(+2,5)</b>
HIRATA & MALDANER (não publicado)	Brasil/Urânia (SP)	Tropical	Sedimentar, livre (Sistema Aquífero Bauru: Aquífero Adamantina). Arenito fino a médio com argila	Urbano: área com diferentes idades de ocupação e densidade de fossas e presença de redes de esgoto mais recentes	Vazamento das redes de esgoto e fossas negras	Nitrificação, processos de diluição, nas maiores profundidades	---	---	---	---	+7,7 - +13,4 <b>(+9,5)</b>	+3,0 - +7,3 <b>(+5,3)</b>

--- Sem informação  
(-7,7) Valor médio