



Preparado em cooperação com o Millennium Challenge Corporation

# Os Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl, Ilha de São Nicolau, em Cabo Verde, África Ocidental

## Resumo do início do estudo das águas subterrâneas

### Por que o estudo foi feito?

Em Cabo Verde, os recursos hídricos subterrâneos fornecem a água para a agricultura, para a indústria e para o consumo humano. Esses recursos são limitados e susceptíveis à contaminação. Recursos hídricos subterrâneos adicionais são necessários para um desenvolvimento contínuo da agricultura, especialmente durante os períodos de seca, mas um aumento no uso e (ou) nas alterações climáticas podem ter efeitos drásticos sobre a quantidade e qualidade da água potável disponível. Nos aquíferos situados nas ilhas vulcânicas, como os de Cabo Verde, veios de água subterrânea potável “flutuam” tipicamente em cima de uma camada de água salobra, na fronteira com a água salgada, e um aumento no bombeamento podem provocar a intrusão da água salgada ou de outras contaminações. Um estudo recente do U.S. Geological Survey (Heilweil e outros, 2006, 2009), avaliou as condições de base da água subterrânea nas bacias hidrográficas em três ilhas de Cabo Verde para fornecer uma base científica para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos, com vista a minimizar a exaustão das águas subterrâneas e prevenir uma contaminação no futuro.

### Localização e abordagem

Cabo Verde é um arquipélago composto de nove ilhas habitadas, situado aproximadamente a 750 quilômetros da Costa Ocidental da África (fig. 1). Três bacias hidrográficas foram selecionadas para o estudo de base das águas subterrâneas: Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl, em Santo Antão (ver ficha), Bacia Hidrográfica dos Mosteiros, em Fogo (Heilweil e outros, 2010a), e Bacia Hidrográfica da Ribeira da Fajã, em São Nicolau (Heilweil e outros, 2010b). Em Cabo Verde, as chuvas variam grandemente de ano para ano e de acordo com a altitude do lugar. As precipitações médias anuais variam grandemente de menos de 50 milímetros ao longo das áreas costeiras povoadas, até 1.000 milímetros nas montanhas. A maioria da população reside em áreas rurais e retira o seu sustento da agricultura



Figura 1. Localização das bacias de estudo na República de Cabo Verde, África Ocidental.

de sequeiro; a chuva irregular torna a agricultura extremamente difícil em todas as áreas, exceto nas mais úmidas.

Poucos riachos são perenes porque a maioria da água da chuva que cai escorre muito rapidamente para o oceano, evapora ou é usada pelas plantas, enquanto que o restante infiltra-se através da rocha permeável e serve para recarregar os aquíferos subjacentes. A água subterrânea se move pelo baixo gradiente, da elevação superior para a parte inferior de cada bacia hidrográfica, infiltrando para poços (furos), nascentes, riachos, galerias, e finalmente em direção aos oceanos pela infiltração submarina (fig. 2). Para avaliar os recursos das águas subterrâneas em cada um dessas bacias, foram recolhidos dados em muitos destes pontos de descarga. Os níveis das águas subterrâneas resultantes, as medições do caudal e a análise química das amostras foram utilizados para avaliar as disponibilidades das águas subterrâneas, suas fontes de recarga, o tempo de viagem, a vulnerabilidade à contaminação, e a sustentabilidade do bombeamento.

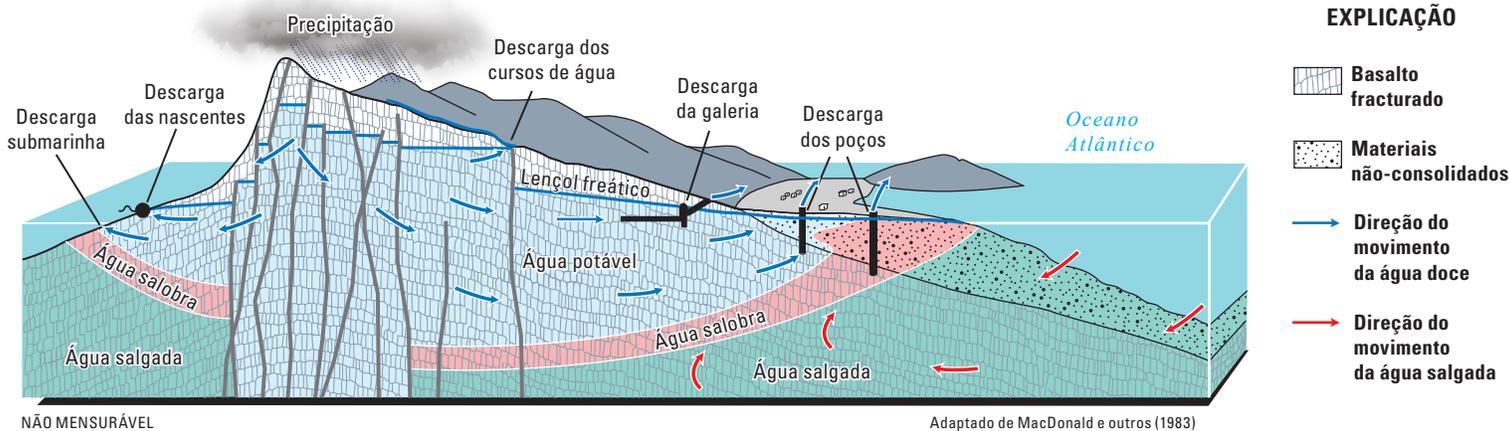


Figura 2. Modelo conceptual genérico da hidrologia nas ilhas vulcânicas.

## Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl, Ilha de Santo Antão

### Resultados – O que foi aprendido?

Devido à sua localização em relação aos ventos alísios do nordeste e à monção equatorial, a Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl (15 quilômetros quadrados) recebe cerca de 700 milímetros de chuva por ano, mais do que as outras duas bacias hidrográficas em estudo, apesar de estar localizada a uma altitude média de apenas 620 metros (menor do que a Bacia dos Mosteiros). Esta chuva abundante dotou a bacia da Ribeira do Paúl com alguns dos poucos rios perenes desta nação insular. A infiltração de uma parte dessa chuva é a principal fonte de recarga das águas subterrâneas. A bacia hidrográfica provavelmente recebe a recarga também, como parte da entrada de sub-superfícies de alto gradiente a partir de La Cova, que é uma caldeira vulcânica, sem saída para as águas de superfície. Mais de 100 nascentes e riachos são alimentados e produzem cerca de 4.000 metros cúbicos por dia de descarga de água subterrânea, o que é equivalente a cerca de 15 por cento da precipitação total estimada na Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl. As medições dos níveis de água em vários poços indicaram que a profundidade do lençol de água adjacente ao fluxo da Ribeira do Paúl pode variar de cerca de 1 a 20 metros e varia também sazonalmente de acordo com o fluxo dos riachos. Os níveis de água na parte superior da bacia, longe dos rios, provavelmente são muito mais profundos.

Rastreadores ambientais<sup>1</sup> indicaram que a água em toda a Bacia da Ribeira do Paúl é geralmente nova, com idade inferior a 50 anos, exceto em alguns locais onde há o registro da mistura com água mais antiga. As águas subterrâneas mais recentes na bacia da Ribeira do Paúl, quando comparadas com as águas das outras duas bacias hidrográficas em estudo, é consistente com a sua maior precipitação e recarga. A qualidade das águas subterrâneas na bacia é geralmente muito boa. As maiores taxas de recarga, no entanto, indicaram a sensibilidade do aquífero à contaminação

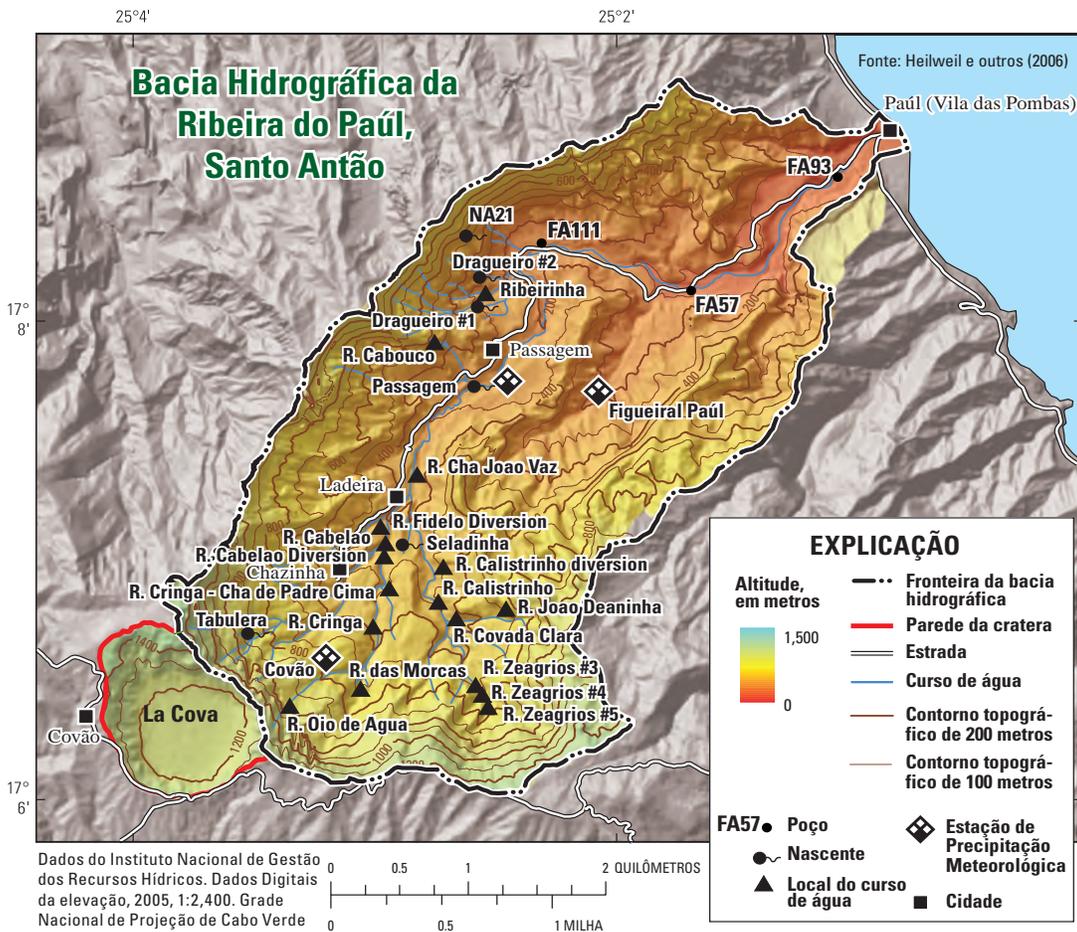


Figura 3. Mapa Hidrológico da Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl.

pela agricultura e pelos sistemas sépticos, especialmente por causa da pouca profundidade das águas subterrâneas adjacentes aos riachos, onde a atividade humana é maior. Isto foi confirmado pelas medições das concentrações do nitrato nas águas subterrâneas que se aproximam aos 5 mg/L em forma de nitrogênio, em conformidade com os padrões da Organização Mundial de Saúde para água potável, mas indicando igualmente a presença de alguma contaminação originada do nitrato. Embora a água doce seja muito abundante nesta bacia hidrográfica, um desenvolvimento urbano e agrícola adicional devem ser planeados de modo a evitar a contaminação das águas subterrâneas.

<sup>1</sup> Os rastreadores ambientais usados para determinar a idade da água foram o trítio ( $^3\text{H}$ ), hélio tritogénico ( $^3\text{He}_{\text{trit}}$ ), e carbonoclorofluor. Ao contrário das outras duas bacias hidrográficas, a datação das águas subterrâneas pelo método de trítio/hélio teve sucesso e não foi prejudicada pelas altas concentrações de hélio associadas ao vulcanismo ou a gases derivados do manto.

## Desafios para o futuro desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl

- Os recursos de águas subterrâneas na bacia hidrográfica da Ribeira do Paúl são abundantes, como indica uma grande quantidade de descarga de água subterrânea medida nas nascentes, rios e poços. A qualidade das águas subterrâneas na bacia é geralmente muito boa, mas as taxas de recarga das águas subterrâneas e a idade das águas subterrâneas mais recentes indicaram a susceptibilidade à contaminação provinda da superfície pela infiltração dos detritos químicos, sépticos e agrícolas.
- A maioria das aldeias e hortas está localizada perto do curso de água da Ribeira do Paúl. Por causa da sua conexão hidráulica com o fluxo, o bombeamento da água do aquífero pode induzir o fluxo da água de qualidade mais pobre para o sistema de águas subterrâneas.
- Embora a maioria dos poços de produção na Bacia da Ribeira do Paúl esteja afastada do oceano, o bombeamento deve ser monitorado a fim de se proteger as águas subterrâneas da intrusão de água salgada na parte inferior da bacia.
- Devido às preocupações com a qualidade e com a quantidade da água na Bacia da Ribeira do Paúl, uma gestão cuidadosa e práticas de manejo serão essenciais para proteger os recursos hídricos para as gerações futuras.

*Através da implementação de um processo rigoroso de monitoramento constante dos parâmetros químicos (salinidade e nitratos), das descargas nas nascentes e rios, da pluviosidade, das mudanças nos níveis freáticos, e de um bombeamento adequado, será possível estabelecer medições científicas para garantir a futura sustentabilidade das águas subterrâneas e o desenvolvimento da agricultura na Bacia Hidrográfica da Ribeira do Paúl.*

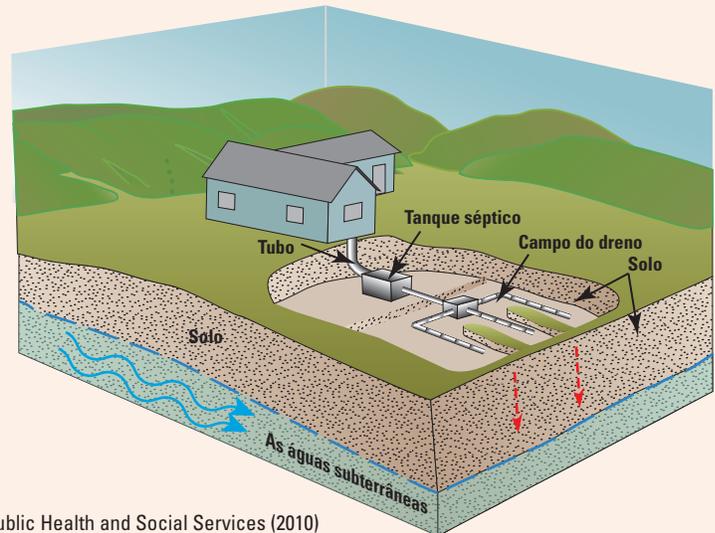
Victor M. Heilweil, Stephen B. Gingerich, L. Niel Plummer, and Ingrid M. Verstraeten

### Referências adicionais:

- Haagsma, B., 1995, Traditional water management and state intervention: The case of Santo Antão, Cape Verde: Mountain Research and Development, v. 15, no. 1, p. 39–56.
- Heilweil, V.M., Earle, J.D., Cederberg, J.R., Messer, M.M., Jorgensen, B.E., Verstraeten, I.M., Moura, M.A., Querido, A., Spencer, F., and Osorio, T., 2006, Evaluation of baseline ground-water conditions in the Mosteiros, Ribeira Paúl, and Ribeira Fajã Basins, Republic of Cape Verde, West Africa, 2005–06: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5207, 42 p.
- Heilweil, V.M., Gingerich, S.B., Plummer, L.N., Verstraeten, I.M., 2010a, Groundwater resources of Mosteiros Basin, Island of Fogo, Cape Verde, West Africa: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2010-3069, 6 p.
- Heilweil, V.M., Gingerich, S.B., Plummer, L.N., Verstraeten, I.M., 2010b, Groundwater resources of Ribeira Fajã Basin, Island of São Nicolau, Cape Verde, West Africa: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2010-3071, 6 p.
- Heilweil, V.M., Solomon, D.K., Gingerich, S.B., and Verstraeten, I.M., 2009, Oxygen, hydrogen, and helium isotopes for investigating groundwater systems of the Cape Verde Islands, West Africa: Hydrogeology Journal, v. 17, no. 5, p. 1157–1174.
- Langworthy, M. and Finan, T.J., 1997, Waiting for rain: Agriculture and ecological imbalance in Cape Verde: Boulder, Colorado, Lynne Rienner Publishers, ISBN 1-55587-709-5, 212 p.
- MacDonald, G.A., Abbott, A.T., and Peterson, F.L., 1993, Volcanoes in the sea: The geology of Hawaii (2nd ed.): Honolulu, Hawaii, University of Hawaii Press, 517 p.
- Public Health and Social Services, 2010, Septic system do's and don'ts: Thurston County, Washington. Available at [http://www.co.thurston.wa.us/health/ehoss/dos\\_donts.html](http://www.co.thurston.wa.us/health/ehoss/dos_donts.html)

### O que é a contaminação das águas subterrâneas a partir da poluição de superfície?

- A água subterrânea nos aquíferos rasos e não confinados, como os que normalmente são encontrados nos aquíferos rochosos vulcânicos de Cabo Verde, é susceptível à contaminação por poluição oriunda da superfície. É particularmente vulnerável nas áreas onde as actividades humanas ocorrem dentro das zonas de recarga do aquífero. Os contaminantes podem incluir resíduos sépticos ou animais, nutrientes e pesticidas agrícolas, e produtos químicos industriais.
- Estes contaminantes podem ser libertados para o aquífero, em especial nas áreas de solos permeáveis ou de rocha fraturada.



Public Health and Social Services (2010)

### Agradecimentos

O USGS agradece ao Millennium Challenge Account - Cabo Verde, ao Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, e às agências locais de gestão de água nos Mosteiros, Ribeira do Paúl e Ribeira da Fajã pela disponibilização de informações históricas e pela assistência na coleta de dados hidrológicos e na interpretação dos mesmos.

Para quaisquer informações adicionais, contactar:

U.S. Geological Survey,  
International Water Resources Branch  
12201 Sunrise Valley Drive  
Reston, Virginia 20192  
703-648-5230

Esta publicação está disponível online no site:

<http://pubs.usgs.gov/fa/2010/3070>

