



Conservação e o Uso Sustentável dos Aquíferos Costeiros da Bacia Hidrográfica da Ribeira Seca – Cabo Verde. Definição e Estratégias de Intervenção.

MARIZE Freitas de Almeida **GOMINHO**

Eng^a em Gestão dos Recursos Hídricos, Tel.: (238) 2613974 - mariseq@ingrh.gov.cv

Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos - INGRH

Cabo Verde

ANTÓNIO PEDRO Said Aly de **PINA**

Eng.º Químico, Tel.: (238) 2613974 – antoniopp@ingrh.gov.cv

Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos - INGRH

Cabo Verde

RESUMO:

A República de Cabo Verde é uma nação insular, situada à 500km da costa Ocidental da África. Composta por 10 ilhas de origem vulcânicas, pertencentes a zona climática Saheliana árida, onde a precipitação anual é muito limitada e a estação das chuvas vai de Agosto a Outubro.

Os aquíferos costeiros constituem um recurso importante de água doce cuja qualidade tem vindo a deteriorar devido ao incremento das necessidades de água, consequência directa do aumento demográfico, industrial e agrícola que se verifica nas zonas litorais. A exploração intensiva e prolongada em captações muito próximas do mar, onde não existe uma fonte de compensação destas extracções por recarga natural ou artificial do aquífero, pode provocar o avanço da interface água doce – água salgada no sentido dos furos e a sua posterior contaminação.

O aumento de volume de água doce nos aquíferos consegue-se adoptando regras que controlem a extracção, planeando correctamente os locais de descarga dos sistemas de drenagens e tratamento de águas pluviais e residuais, promovendo políticas para a utilização racional da água, incrementando a recarga com água de superfície e implementando medidas que façam diminuir o volume de água salgada/salobra no aquífero.

A área do estudo é a parte jusante da bacia hidrográfica de Ribeira Seca, situada na parte nordeste da ilha de Santiago (maior ilha da nação). De acordo com o Censo 2000, a população da bacia é estimada em 14.343 habitantes e está dividida em três sub-bacias Ribeira de Montanha, Ribeira de Mendes Faleiro Cabral e Ribeira Seca, perfazendo uma superfície total de 71,5Km².

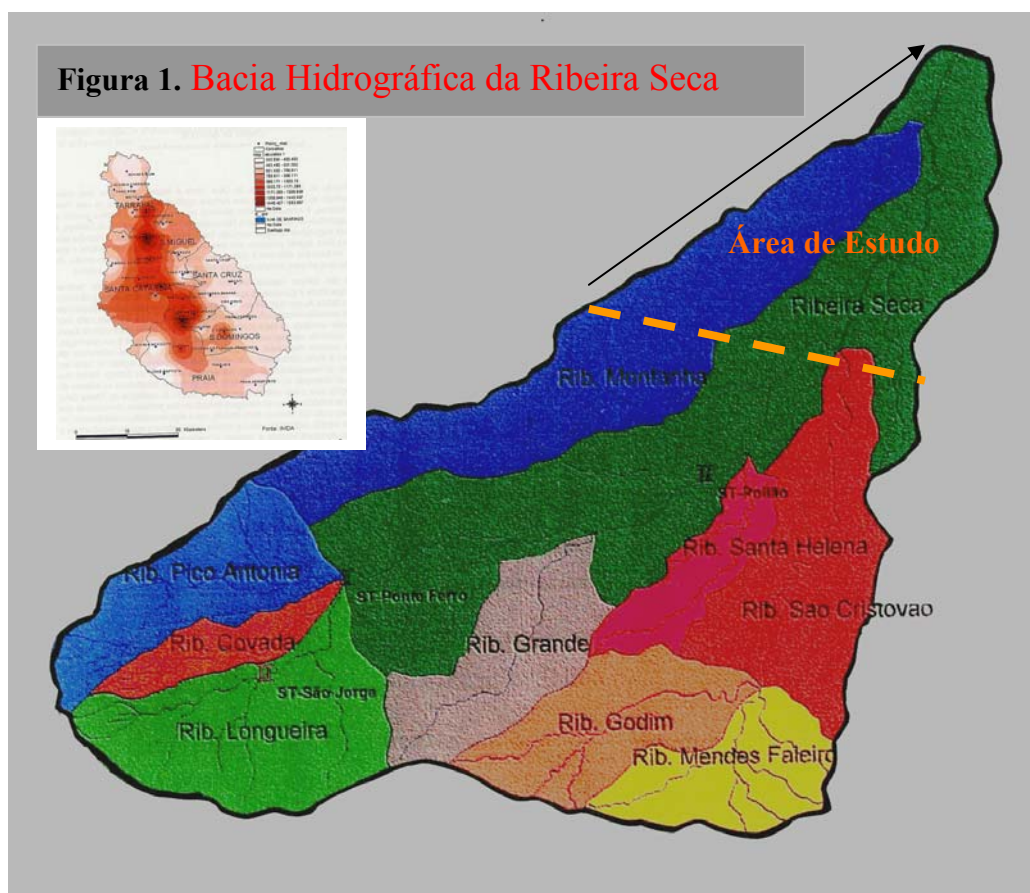
Este trabalho pretende identificar o problema da sobre exploração de aquíferos costeiros, da contaminação das águas subterrâneas e propor estratégias de forma integrada visando a prevenção e controlo da poluição salina, problema que afecta principalmente a parte jusante da bacia devido principalmente a exploração dos aquíferos em quantidades superiores a recarga.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão dos Recursos Hídricos, Intrusão Salina, Sustentabilidade Hídrica, Controlo de Qualidade da Água, Caracterização Química, Estratégias e Balanço Hídrico.

1. Caracterização Geral da Bacia.

A bacia hidrográfica de Ribeira Seca localiza-se na área nordeste da ilha de Santiago (Figura1.), com uma extensão total de 71,5 km². Estende-se entre o Pico de Antónia e a zona de Lagoinha e dividida em três sub-bacias hidrográficas: Ribeira de Montanha com uma área de 12,50 km², Ribeira de Mendes Faleiro Cabral/São Cristóvão com uma área de 25,50 km² e Ribeira Seca que é o leito principal da Bacia com uma área de 33,5 km². A agricultura do regadio praticada nos vales aluvionares apresenta uma área bastante extensa.

Abrange praticamente dois Concelho o de São Domingos e o de Santa Cruz. Apresenta um relevo bastante acidentado, sobretudo na sub-bacia da Ribeira de Montanha.



A temperatura média anual é de 22°C. Os microclimas da bacia variam do árido (clima do litoral) na parte jusante semi-árido que se estende até ao Poilão à partir do qual se desenvolve a área de transição para a zona sub-húmida (São Jorge dos Orgãos) e sub-húmido seco com grande excesso de água no verão e pequena concentração térmica – estável. Mais a montante ocorre uma zona sub-húmida que se prolonga até ao Pico de Antónia, com clima de altitude. Esta forte variação da precipitação em espaço curto é característica dos climas insulares.

De acordo com o Censo 2000, a população da Ribeira Seca é composta por 14.343 pessoas sendo 6.719 homens e 7.624 mulheres. É considerada jovem uma vez que, 48,3% possui idade inferior à 15 anos e 77,4% inferior à 35 anos. Infelizmente, cerca de 17,3% da população é analfabeta tendo como a principal actividade a agricultura, tipicamente rural, ou como actividade primária. Implicitamente, obrigando uma grande pressão sobre a Terra e, dadas as condições de escassez prevaletentes, também sobre a água, inclusive para usos domésticos.

1.1. Solo e Geologia.

Solos sujeitos a degradação devida a salinização em consequências da qualidade da água utilizada na rega, a erosão e a extracção da areia nos leitos da ribeira. A salinização devida sobretudo pela utilização da água salobra empregue na irrigação e na agricultura. A ocorrência de elevada evapotranspiração e reduzida precipitação anual associado a fraca drenagem também contribuem para a salinização dos solos, formando uma toalha freática salina relativamente próxima da superfície do terreno, acumulando sais ao longo da estrutura do solo.

As principais características pedológicas referenciadas no documento do Plano de Desenvolvimento Hidráulico da Bacia Hidrográfica da Ribeira Seca – PDH, Junho de 2001, são as seguintes:

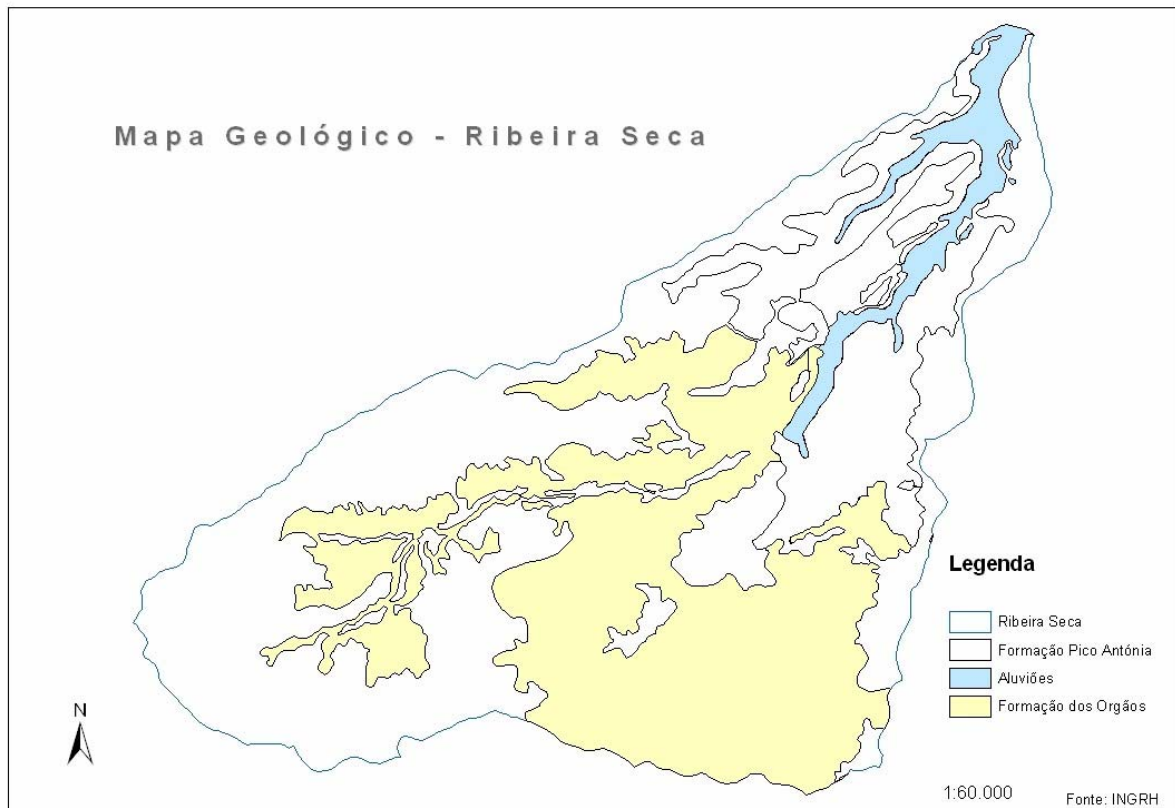
Solos:

- a) **Vertisolos;** são solos que apresentam características da rocha mãe (basalto) particularmente ricos em bases;
- b) **Solos pouco evoluídos de transporte ou de erosão sobre aluviões;** caracterizados por uma grande heterogeneidade textural e ausência de evolução devido aos materiais provenientes da rocha mãe recente que são constantemente removidos e transportados pelas águas das cheias;
- c) **Solos pouco evoluídos de transporte ou de erosão sobre coluviões de encostas;** são solos formados sobre materiais diversos resultantes da acumulação de resíduos de alteração mecânica e de rochas vizinhas;
- d) **Solos isohúmicos (sierozem de cor cinzenta);** são solos das zonas áridas e semi-áridas, caracterizados por uma mineralização rápida da matéria orgânica profundamente incorporada no perfil.
- e) **Solos isohúmicos (castanhos);** são solos de cor castanha de estrutura poliédrica bem individualizada de textura média a fina.
- f) **Solos fersialíticos;** caracterizados por cor vermelho que traduz o alto teor em óxido de ferro. Localizam-se nas zonas áridas e semi-áridas e têm pH ligeiramente inferior a neutralidade.

Geologicamente, a bacia é composta por três grandes formações, Figura 2:

- **Formação dos Órgãos (CB);** composta por sedimentos de idade Miocénica. Esta camada geológica não permite a formação de um aquífero favorável, pelo facto de as suas rochas, quando molhadas, formarem camadas impermeáveis que impossibilitam recargas significativas.
- **Formação do Pico de Antónia (PA);** constituída por depósitos de pillow-lavas e piroclastos de grande permeabilidade, favorecendo a recarga natural da bacia e está situada na parte média e jusante da bacia.
- **Depósitos Aluvionares ou Aluviões;** encontram-se à jusante da Ribeira Seca. São compostos por materiais grosseiros de elevada permeabilidade. Os aluviões conseguem atingir uma profundidade de 30m e constituem dreno natural das formações vulcânicas permeáveis, como os depósitos dos pillow-lavas.

Figura 2. Mapa Geológico da Ribeira Seca



1.2. Agricultura / Pecuária.

A cultura praticada na bacia é principalmente o milho, quase sempre associada com feijões, batata doce, batata comum e mandioca. Essas três últimas são geralmente cultivadas nas zonas húmidas de altitude e por vezes nas zonas sub-húmidas quando as precipitações são abundantes.

Anualmente há uma grande pressão sobre as terras para a prática da agricultura de sequeiro, dificultando a determinação exacta das áreas realmente cultivadas, cujo os valores variam em função do volume e a distribuição das precipitações anuais. Entretanto dados do PDH indicam que a área ocupada por toda a bacia é de 5.120ha.

A agricultura de regadio é outra alternativa praticada pelos agricultores residentes na bacia. As culturas irrigadas são: a cana de açúcar e tomate (cultura dominante), mandioca, banana, batata doce, batata comum, coqueiros, hortaliças e fruteiras. A bacia Hidrográfica da Ribeira Seca dispõe de grandes áreas, 272ha em regime permanente, o que faz dela uma das maiores zonas de regadio da ilha de Santiago e o sistema de rega predominante é do tipo tradicional, ou seja, por alagamento, provocando um consumo bastante elevado de água.

A segunda fonte de rendimento das famílias é a pecuária dedicando simultaneamente à criação de várias espécies de animais entre os quais, caprinos, bovinos, aves, etc.

1.3.Pontos de Agua da Bacia.

O Instituto Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, INGRH, é a entidade responsável pelo controlo da exploração das captações e dos aquíferos da bacia da Ribeira Seca.

As infra-estruturas hidráulicas de captação e de distribuição são exploradas por particulares ou associações de produtores - agricultores, no geral, sem qualquer tipo de pagamento ao Estado, proprietário legal das infra-estruturas.

Os furos, as obras de armazenamento e de distribuição são geridas pelos Serviços Autónomos de Água e Saneamento, pelas Câmaras Municipais, Delegações do MAAP, Associações de Agricultores, através de uma licença de exploração previamente concedida.

Os dois Concelhos, Santa Cruz e São Domingos, através dos seus Serviços Autónomos, são responsáveis pela distribuição de água das respectivas zonas da bacia, essencialmente para o consumo, mediante o pagamento de uma taxa de exploração por m³ de utilização ao INGRH. Sendo: 15\$00/m³ uso domestico, 4\$00/ m³ rega gota à gota e 8\$00/ m³ para rega tradicional. A maioria dos agricultores utiliza água das nascentes e dos poços para agricultura.

De acordo com o Banco de dados do INGRH, existem 111 nascentes, 41 furos e 114 poços; sendo apenas 17 Poços e 21 furos controlados pela Instituição devido a dificuldades de ordem técnica e financeira.

É importante realçar a inexistência de piezómetros, apesar de ser uma das bacias mais exploradas de Santiago. A obtenção de valores do volume explorado na bacia é uma tarefa bastante difícil, uma vez que a grande maioria dos poços e nascentes não são licenciados.

O Quadro1. apresenta a distribuição dos pontos de água e o volume de água explorado na bacia.

Quadro 1. Volume Explorado

Localidades	Furos		Poços		Nascentes
	Nº	Caudal (m ³ /d)	Nº	Caudal (m ³ /d)	Nº
Ribeira Seca	12	1713	36	2369	
Pico de Antónia	5	26	6	60	31
João Teves			3	60	6
Orgãos Pequenos	1	41	8	210	6
Santa Helena			4	60	
Covoada	1		2		1
Pedra Janela			1	30	1
Longueira	4	144	3	60	12
Ribeirão Galinha	1	20	3	150	6
R ^a Montanha	7	702	20	240	9
Riberão Almaço	2		3	30	2
São Cristóvão	6	32	14	210	13
Godim	1		1		6
Mendes Faleiro	1		10	60	5
Totais	41	2680	114	3539	111

Fonte: INGRH, PDH Documento resumo Junho 2001

Não foi possível quantificar o volume das nascentes devido a sua irregularidade. O caudal total da bacia foi estimado em 6.217m³/dia. Pressupõe-se que o consumo per capita de água na bacia hidrográfica é de 25l/cap/d.

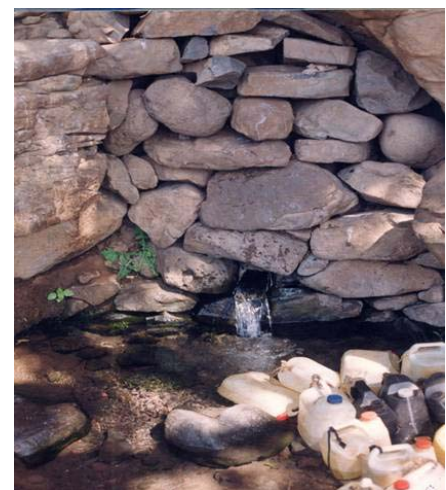
Furo



Poço



Nascente

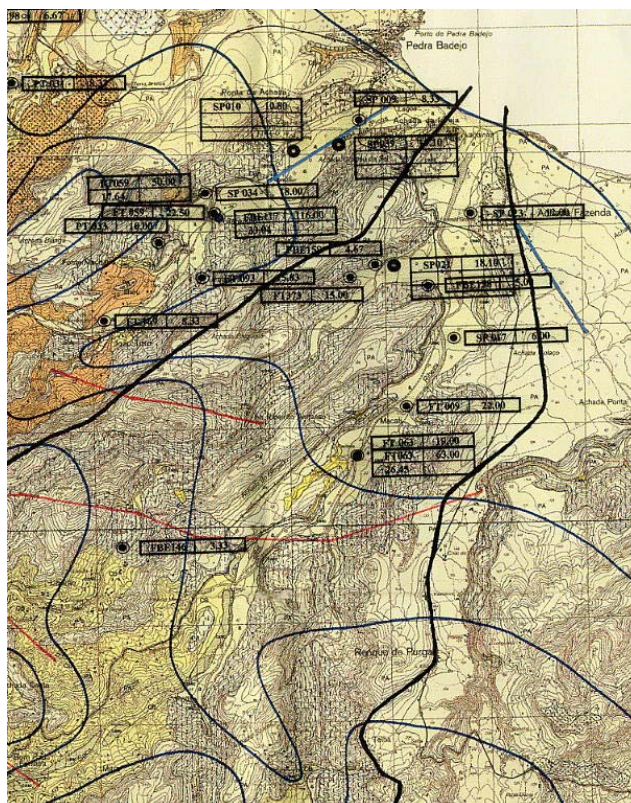


2. Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos.

A avaliação dos recursos hídricos subterrâneos da Bacia Hidrográfica da Ribeira Seca, é uma tarefa bastante difícil, devido a complexidade das condições geológicas, da insuficiência de dados e de estudos hidrológicos específicos. Não existindo uma rede de monitorização na bacia, o único controlo efectuado é a medição da condutividade eléctrica, nível estático e dinâmico, caudal e a hora de bombagem de forma regular.

2.1. Localização dos Pontos de água Explorados na parte jusante.

Neste estudo, foram caracterizados, 12 furos e 21 poços numa área de 3Km aproximadamente da costa. A maioria dos poços situam-se à nível do mar.



2.2. Evolução Temporal da Piezometria.

Por vezes considerada na percepção do estado de equilíbrio ou de desequilíbrio entre os volumes de recarga e os da exploração, nomeadamente no diagnóstico de estados da sobre-exploração de aquíferos. Qualquer variação das extracções provocará variações dos níveis da água como resposta dinâmica dos sistema.

Devido a inexistência de dados concretamente de piezómetros, a manutenção do estado de desequilíbrio (de não equilíbrio ou de regime transitório) depende de factores relacionados com a extracção, com o sistema de aquífero, diminuições por exemplo, com a qualidade de rede de monitorização, com a localização e das características dos piezómetros, cujos efeitos se podem sobrepor às variações de níveis induzidas pela exploração.

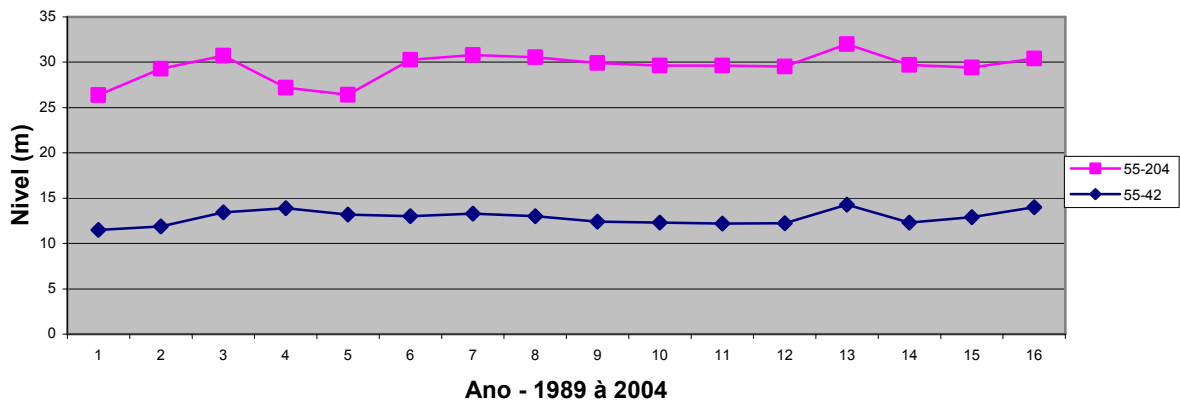
Em Cabo Verde, a sobre exploração é intensa, com caudal não estável do aquífero necessitando obrigatoriamente de um longo período de reequilíbrio, que pode ser de dezenas de anos, tendo em conta, o tipo da estação existente, tropical seco amenizado.

A fotografia abaixo é um exemplo da exploração da água através de um poço com múltiplas bombagens (vários chupadores).



Na inexistência de piezômetros, utilizamos nível dos poços na representação gráfica.

Grafico 1. Nivel Estático vs Ano
Poços nº 55-42 e 55-204



Do gráfico, nota-se uma exploração em regime de não equilíbrio, traduzindo num aumento constante de níveis, em intervalos de 2m, significando que o caudal extraído ultrapassa o caudal da recarga.

2.3. Balanço Hídrico.

Tarefa difícil em hidrologia, mas importante, uma vez que se relaciona com o conceito da sobre exploração dos aquíferos. No entanto, convém mencionar as diferenças existentes entre os recursos hídricos subterrâneos renováveis em condições naturais, sem exploração, e os recursos renováveis após o início da exploração, resultantes do incremento da recarga (recarga induzida) nos cursos de água e nos lagos ou pelo rebaixamento dos níveis no aquífero explorado, e da diminuição da evapotranspiração real e das descargas naturais (perdas para os cursos de água efluentes ou para outras massas de água, incluindo, a do mar).

A exploração dos aquíferos para além de um limite conduz a saturações que, com frequência são referidas como sobre exploração, sobre bombagem ou de exploração mineira de água subterrânea – *mining*.

Opinion Makers:

- **Lee (1915)**; introduziu pela primeira vez, o termo caudal seguro ou produção firme (*safe yield*) de um aquífero como o limite da quantidade de água que pode ser extraída regularmente sem depleção perigosa das reservas.
- **Meinzer (1923)**; à depleção perigosa acrescenta que o caudal seguro deve ficar nos limites da exploração economicamente viável.
- **Todd (1976)**; introduziu o conceito de “perennial yield” significando o caudal que pode ser extraído de um dado aquífero sem conduzir a uma saturação adversa.
- **Jondkakis e Székely (1979)**; definiram caudal seguro como “ a quantidade de água que pode ser obtida de um aquífero, através de um sistema de captação tecnológica e economicamente racional, mantendo a qualidade de água.
- **Custódio (1991)**; refere os efeitos da exploração de um aquífero não dependendo apenas do volume de água que é extraído mas também da distribuição espacial dos furos de bombagem e do regime da sua exploração e, por isso, o caudal seguro é uma função complexa que muda com o tempo e não pode ser considerado como um valor fixo para um aquífero.
- **Margat (1991)**; designa para a “gestão de fluxo” há que considerar “gestão de armazenamento” ou a gestão das reservas. Sendo, toda a exploração com extracções superiores à recarga média do aquífero é uma exploração das reservas do aquífero e são possíveis três (3) modos de gestão das reservas:
 1. Estratégia de exploração máxima e permanente dos recursos renováveis, em regime de equilíbrio dinâmico, com exploração média menor do que a recarga média.
 2. Estratégia de exploração das reservas seguido de um período de abrandamento das extracções abaixo do valor da recarga e/ou de complemento desta por recarga artificial que conduza a um reequilíbrio das reservas.
 3. Estratégia de exploração mineira ou de esgotamento, em que a exploração fica limitada a um período mais ou menos extenso, cujo final coincide com o início de rebaixamentos, excessivos; não há retorno a uma situação de reequilíbrio por ausência ou dificuldades na recarga.

Em Cabo Verde, o controlo das condições de sobre exploração ou de situações, indesejáveis do ponto de vista da quantidade e da qualidade da água, e do ambiente, é tarefa bastante difícil uma vez que, como na perspectiva de gestão baseada no critério de “safe yield”, pressupõe um conhecimento independente e bastante fiável quer do caudal médio de recarga como também do caudal total das extracções.

O balanço energético entre as entradas e as saídas de água de uma dado aquífero, na maioria das situações, é uma forma pouca fiável de demonstrar o desequilíbrio da exploração. Neste estudo, a perspectiva sugerida é idêntica a maior parte dos estudos feitos sobre a gestão sustentável dum sistema de aquífero, recorrendo ao exposto por Bredehoeft (2002), em que:

$$P = \Delta R_o - \Delta D_o$$

Sendo:

P: caudal de exploração.

ΔR_o : a variação do caudal da recarga inicial (pré – explorada) pela bombagem.

ΔD_o : a variação no caudal da descarga inicial (pré – exploração) provocada pela bombagem.

$\Delta R_o - \Delta D_o$: representa a captura e é admitido que $R_o = D_o$

Na mesma linha de pensamento, o nível de estabilização da superfície freática depende das variações da recarga e da descarga provocada pela exploração do aquífero.

Defrontando com um deficit de estudos quer no INGRH como nas outras instituições aliados a ausência de critérios e de programas de monitorização torna-se difícil avaliar o caudal seguro ou sustentável dos sistema de aquífero. No entanto, estudos realizados em 2001, pelo PDH, estima para o conjunto da bacia, um deficit global de 279.557 m³/ano, Quadro 2.

Quadro 2. Precipitação média, Evaporação, Infiltração, Recarga, Produção e Recursos Disponíveis

Bacia Hidrográfica	Área total (km ²)	Precipitação média anual (mm)	Infiltração 15% PA, 5% CB (mm)		Recarga (m ³ /ano)	Produção (m ³ /ano)	Q agua disponível (m ³ /ano)
Ribeira Seca	71,50	302	15	5	2.143.253	2.422.830	-279.577

Fonte: PDH 2001

3. Qualidade de Água Subterrânea - Metodologia e Caracterização

O INGRH inventariou varias origens, recolheu mais de 33 pontos de água, dos quais, 12 são furos, 21 são poços.

Algumas análises físico – químicos foram realizadas no local e as pesquisas referem-se ao período de 1989 à 2005. Se, na perspectiva do estudo de contaminações este facto é relevante e condicionante, do ponto de vista da caracterização da fáceis e do estudo dos elementos maiores o inconveniente não parece ser significativo.

A profundidade dos poços e dos furos parece não ser factor discriminante da qualidade química da água das captações (Quadro 4.).

A condutividade eléctrica da água quase sempre superior a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e na estação seca, aproxima do valor limite admissível, VMA's. A qualidade de água para o consumo humano no Concelho de Santa Cruz pode ser considerado aceitável e deficiente, com mineralização elevada (Quadro 3)

Quadro 3. : Qualidade de água para o consumo humano.

Parâmetros:	Metodologia:	Unidade de medida:	Resultado:	VMR	VMA
Conductiv. (20°C)	Electrometria	$\mu\text{S}/\text{cm}$	850	400	2000
TDS	Electrometria	mg/L	399,5	----	1000
Salinidade	Electrometria	% 0	0,4	---	---
Mineralização Tot.	Cálculo	mg/L	733	---	---
pH	Electrometria	Esc. Sorensen	8,14	6,5	9,5
Dureza Total	tit. EDTA Eriocromo-t - ind	mg/L CaCO_3	274	100	500
Cloretos	Mét. Mohr	mg/L Cl^-	110	25	250
Cálcio	tit. EDTA murexida - ind	mg/L Ca^{2+}	35,5	100	
Magnésio	Cálculo	mg/L Mg^{2+}	45	30	50
Sulfatos	Esp. de abs. molec.	mg/L SO_4^{2-}	25	25	250
Potássio	Esp. de abs. molec.	mg/L K^+	7,9	10	12
Nitratos	Esp. de abs. molec.	mg/L NO_3^-	34	25	50
Nitritos	Esp. de abs. molec.	mg/L NO_2^-	0,2	---	0,1

Há inúmeros casos de violação dos VMR's e dos VMA's definidos pela norma da OMS entre os quais, correspondem aos valores de condutividade, cloretos, sulfatos, nitratos e nitritos. A água pertence a classe dura em termos da dureza com concentração a situar entre 150 à 300mg/L em CaCO_3 com valores de cálcio e de magnésio baixos.

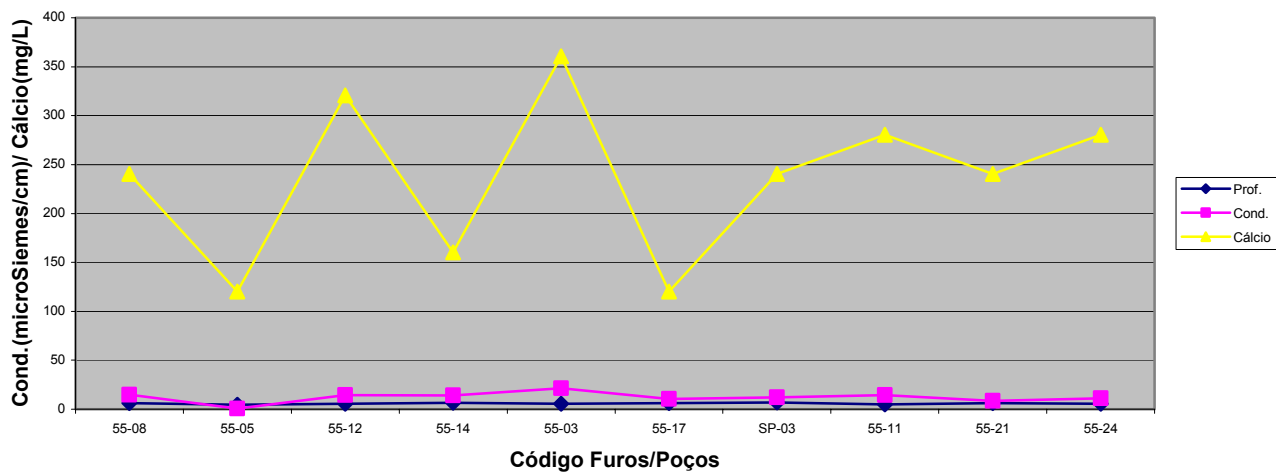
A produção de água de qualidade em termos químicos, poderá melhorar através da mistura de água de outras origens, nomeadamente com a água superficial.

No que se respeita a qualidade das águas destinadas à rega a maioria não respeitam os valores VMA's. Decreto – Lei n.º 236/98. (Quadro 4).

Quadro 4. Qualidade da Água destinadas a Rega.

Parâmetros	Código dos Poços										Unidade Medida	VMR	VMA
	55-08	55-05	55-12	55-14	55-03	55-17	SP-03	55-11	55-21	55-24			
Profundidade	6,19	4,47	5,55	6,5	5,58	6,2	7,0	5,0	6,25	5,55	m		
Condutividade	14690	750	14320	14170	21200	10320	11970	14460	8440	11050	μS/cm	1000	3000
TDS	7950	367	7890	7740	11760	5270	6200	7560	4210	5770	mg/L		
Sal	8,2	3,8	8,2	8	12,2	5,4	6,4	7,8	4,3	5,9	‰		
pH	6,7	6,6	6,3	6,2	6,8	7.01	6,3	6,6	6,1	6,2	Esc.Sorensen	6,5	9
Mineralização	10780	443	10707	10528	15460	6544	8574	10291	5370	7120	μS/cm		
Turvação	0,7	1,2	2,4	1,3	2,5	0,8	1,4	3,6	1,6	2,3	NTU		
Nitratos	1060	540	560	1260	840	640	980	1050	880	830	mg/L NO ₃	5	30
Nitritos	1,1	1	1,8	1,5	0,6	2	0,9	1,8	9,6	0,7	mg/L NO ₂		30
Sulfatos	800	0	1000	700	800	100	200	100	0	100	mg/L SO ₄	575	
Cálcio	240,5	120	320,6	160,3	360,7	120,2	240,5	280,56	240,48	280,56	mg/L Ca ²⁺		
Magnésio											mg/L Mg ²⁺		
Dureza Total	800	400	1400	800	1300	600	600	1800	600	1000	mg/L CaCO ₃		
Cloretos	2000	2482	5318	4963	7800	4077	4963	5318	4608,9	14925	mg/L Cl ⁻	70	150

Condutividade e Cálcio vs Profundidade



MARIZE Freitas de Almeida GOMINHO - INGRH
 ANTÓNIO PEDRO Said Aly de PINA - INGRH

Os valores que ultrapassam pertencem as necessidades de águas muito mineralizadas na zona jusante da Ribeira Seca, utilizadas apenas, para o cultivo de tomates, coqueiros e cana de açúcar. O impacto do regadio depende não só das características da água como também do tipo do solo, da cultura e do método de rega.

Estudos realizados por ALY de PINA (2002 – 2005), a concentração em nitratos é mais elevada na água dos poços do que na dos furos, ultrapassando os 50mg/L. Esta poluição devido à utilização excessiva de pesticidas, por exemplo, o enxofre para o combate de araras de tomate, e de fertilizantes exclusivamente, NPK, de forma incorrecta e inadequada. Associa-se a esta constatação a mecanismos de propagação a formação aluvional das rochas.

Existe uma tendência evolutiva na zona jusante, dos compostos azotados, nomeadamente, dos nitratos e dos nitritos nos poços e furos/poços, considerado no entanto, como zona vulnerável. O incremento da actividade agrícola, não respeitando ao código de boas práticas agrícolas, pode colocar em risco a qualidade da água do sistema aquífero. As áreas, onde a vulnerabilidade à poluição superficial é significativamente menor são as áreas cuja formação do solo é do tipo basáltico.

4. Recomendações

Na exploração dos aquíferos costeiros deve-se equacionar todos os factores que afectam tanto o volume como a qualidade de água através do planeamento e da gestão dos recursos hídricos de forma integrada.

O fenómeno de intrusão salina apresenta uma evolução bastante lenta e como se processa no subsolo, os seus efeitos só são sentidos quanto as captações já estão afectadas, principalmente não havendo redes de monitorização, caso de Ribeira Seca.

Identificamos como as principais razões da intrusão salina na bacia a sobre exploração das águas subterrâneas, apanha de área nas praias, a irregularidade na distribuição das precipitações anuais, elevada taxa de evapotranspiração, deficiente drenagem dos solos e inadequada gestão dos recursos hídricos.

Propomos algumas acções preventivas de forma a evitar a poluição salina:

1- Planeamento, Gestão dos Recursos Hídricos e Controlo da Exploração

Definem um conjunto de regras para o licenciamento das captações, caracterizando a exploração (caudal e horas de bombagem recomendados) por forma a manter a interface água doce/salgada na posição desejada.

A gestão dos aquíferos costeiros exige uma política global considerando todas as origens de utilização de água - rega, abastecimento e industria garantindo um regime de exploração racional e sustentável.

A implementação de furos e poços em locais mais afastados do mar poderá ser uma medida segura de planeamento. A procura de origens exteriores ao aquífero sujeito à salinização tem sido uma outra alternativa adoptada.

Uma outra forma de controlar a utilização é a implementação de um regime tarifário que cobre os custos totais de produção, visto que neste momento, o preço/m³ de água na bacia está muito aquém do valor real e não incentiva poupança. Programas de sensibilização visando o uso racional devem ser implementadas.

2- Incremento da Recarga

Contribui para o aumento do volume de água doce nos aquíferos. O inconveniente são os custos elevados das obras.

A recarga natural pode ser favorecida utilizando técnicas que facilitam a infiltração e evitam a erosão tais como: boas práticas agrícolas, aumento da vegetação natural, construção de terraços e socacos.

A recarga pode ser induzida através da construção de pequenos diques que criem pequenos armazenamentos em cascatas contribuindo para sua infiltração, pode ser artificial tendo como origem as águas pluviais ou no aproveitamento das águas residuais previamente tratadas.

Vários métodos podem ser utilizados, tais como, a injeção em aquíferos confinados, infiltração usando canais, campos de recarga e injeção de água em furos. Os obstáculos à sua implementação são: os custos elevados na construção, armazenamento e o transporte de água de boa qualidade e em quantidades suficientes.

3- Construção de Barreiras Subterrâneas

A construção de diques de protecção salina é uma solução pouco eficiente e muito dispendioso devido ao facto da formação geológica da parte jusante da ribeira não ser constituída por uma camada impermeável.

4- Dessalinização da Água

O tratamento da água salobra/salgada pode ser efectuada através de processos de remoção de sais tais como a osmose inversa. Cuidados especiais devem merecer atenção no tratamento da salmoura por forma a evitar impacto ambiental negativo.

Felizmente, as tecnologias disponíveis tem evoluído muito nos últimos anos providenciando água potável a um preço bastante acessível.

5. Conclusões

A bacia hidrográfica da Ribeira Seca constitui uma origem de água muito importante e significativa para a rega e para o abastecimento público do concelho de Santa Cruz. Nos últimos anos, tem sido objecto de numerosos estudos, mas está longe de se conhecer com rigor as diferentes variáveis do balanço hidrológico do sistema, entre eles, a estimativa do caudal de recarga e da exploração dos aquíferos.

Várias hipóteses para a origem do erro de fecho: excesso na estimativa de recarga, estimativa por defeito dos consumos, sub-avaliação das saídas identificadas, formação dos aquíferos envolventes entre outros.

Todos estes condicionantes limitam ou impedem a utilização de modelos de simulação do escoamento como instrumento de apoio às decisões de gestão do sistema de aquífero. Com o efeito, um dos parâmetros mais sensíveis ou críticos na construção e aplicação de modelos de simulação numéricos é o valor da recarga natural do sistema aquífero e também a sua distribuição no espaço e no tempo. Hipóteses incorrectas na representação podem invalidar as previsões feitas por estes modelos (**Sophocleous, 2000**).

Este facto, associado às incertezas quanto a distribuição da difusidade e das condições de fronteira, também é impeditivo de uma modelação do aquífero que permite estimar com rigor a hidrodinâmica do sistema aquífero e a captura atribuída à bombagem e daí deduzir o regime de exploração sustentável.

Contudo, alguns defeitos do actual estado de exploração poderão servir para identificar condicionantes que devem ser ponderados na gestão e na exploração dos recursos hídricos.

A parte jusante da Bacia da Ribeira Seca confronta-se com gravíssimos problemas devido ao stress hídrico e salínico, comprometendo a sustentabilidade hídrica da região.

BIBLIOGRAFIA

- ALY DE PINA (2005) Evolução dos Compostos Azotados na Qualidade de Água na Ilha de Santiago. Apresentação 7º SILUSBA – Évora.
- ALY DE PINA – HEITOR ANA (2003) Qualidade de Água na ilha de Santiago Apresentação 6º SILUSBA – Cabo Verde.
- BERESLAWSKI, Etel (1992) Sintesis Hidrologica de las Ilas du Cape Verde, INGRH.
- CNAG / INGRH (1992) Schema Directeur pour la Mise en Valeur de Ressources en Eau (1993-2005), Programme des Nations Unies pour le Developement ONU / Departement pour le Developpement Economic et Social / CNAG. INGRH.
- GOMINHO Marize (2005), Sustentabilidade Hídrica no Concelho de Santa Catarina, Ilha de Santiago, Cabo verde Apresentação 7º SILUSBA – Évora.
- HAIE, Naim e Ferreira da Silva Planeamento e Gestão Global de Recursos Hídricos Costeiros – Estratégias para a Prevenção e Controlo da Intrusão Salina.
- INGRH (2000) Visão Nacional da Agua, a Vida e o Ambiente, Praia, Cabo Verde.
- INGRH (Junho 2001) Plano de Desenvolvimento Hidráulico da Bacia Hidrográfica da Ribeira Seca.
- MORENO Ângela et al. (2003) O Regadio de Ribeira Seca, Ilha de Santiago, Cabo Verde. Perspectivas de Desenvolvimento. Apresentação 6º SILUSBA – Cabo Verde.
- WANIELISTA, Martin (1990) Hydrology and Water Quality Control, WILEY Inc., University of Central Florida, USA.